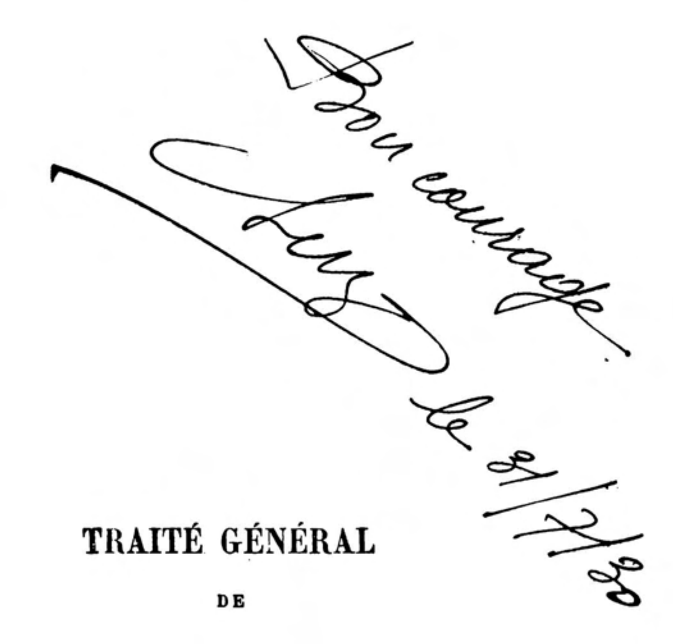
E. COUSTET

TRAITÉ GÉNÉRAL DE PHOTOGRAPHIE EN NOIR ET EN COULEURS

Librairie Delagrave



TRAITÉ GÉNÉRAL

DE

PHOTOGRAPHIE

Collection de la Science au XXᵉ siecle.

TRAITÉ GÉNÉRAL
DE
PHOTOGRAPHIE
EN NOIR ET EN COULEURS

PAR

ERNEST COUSTET

OUVRAGE ILLUSTRÉ DE 195 GRAVURES

QUATORZIÈME MILLE



PARIS
LIBRAIRIE DELAGRAVE
15, RUE SOUFFLOT, 15
1929

INTRODUCTION

L'image des objets extérieurs qu'on aperçoit dans une chambre obscure percée d'une petite ouverture a dû certainement être observée dans l'antiquité. Cependant Aristote, qui a résumé toutes les connaissances acquises à son époque, s'étonne que les rayons du soleil passant à travers des trous carrés forment des cercles et non pas des figures rectilignes[1]. Le philosophe de Stagire essaye, sans y réussir, d'expliquer cette apparente anomalie, et ce n'est que dix-huit siècles plus tard, dans les manuscrits d'un artiste célèbre, que l'on trouve pour la première fois l'analyse exacte du phénomène et son explication rationnelle fondée sur la propagation en ligne droite de la lumière.

« Si la face d'un édifice, dit Léonard de Vinci, ou une place, ou une campagne, est éclairée par le soleil, et que, du côté opposé, dans la face d'une habitation qui ne reçoit pas le soleil, on pratique un petit soupirail, tous les objets éclairés enverront leur image par ce soupirail et paraîtront renversés[2]. »

Et ailleurs il s'exprime ainsi : « L'expérience qui montre comment les objets envoient leurs images ou ressemblances entrecoupées au dedans de l'œil dans l'humeur albugineuse se manifeste quand, par quelque petit soupirail rond, les images des objets éclairés pénètrent dans une habitation très obscure. Alors tu recevras ces images sur du papier blanc placé dans ladite habitation, non loin du soupirail, et tu verras tous les susdits objets sur ce papier avec leurs propres figures et couleurs, mais ils seront plus

1. *Problèmes,* section XV, 6. Cf. la *Grande Encyclopédie,* t. X, p. 321.

2. Cod. Atlantique. — Charles Ravaisson-Mollien, manuscrit D de la bibliothèque de l'Institut, fol. 8 a. — Manuscrit I, fol. 22.

petits et sens dessus dessous, à cause de ladite intersection. Ces simulacres, s'ils naissent d'un endroit éclairé par le soleil, paraîtront proprement peints sur le papier; celui-ci doit être très mince et vu par le revers; le soupirail sera fait dans une petite plaque très mince de fer[1]. »

Cardan, vers 1550, eut l'idée de rendre plus brillantes et plus nettes les images de la chambre noire, en agrandissant l'orifice et en y adaptant un *orbis e vitro*[2], c'est-à-dire un verre sphérique : ce fut le premier objectif.

Quant à G.-B. della Porta, son rôle se borna à donner à la chambre noire la forme qu'elle a longtemps conservée et qui a fait communément attribuer au physicien napolitain une découverte réalisée bien avant lui. Le nom de Porta est resté indissolublement lié à l'histoire de la chambre noire, parce que c'est lui qui en fit un instrument pratique en la rendant portative. Son appareil se composait d'un tuyau fermé par une lentille de verre au foyer de laquelle l'image des objets extérieurs se projetait sur un écran en papier. Porta le destinait aux personnes qui ne savent pas dessiner : suivant lui, pour reproduire des vues exactes des objets les plus compliqués, il devait suffire de suivre, avec la pointe d'un crayon, les contours de l'image focale[3].

En fait, les décalques rudimentaires que l'on obtient ainsi ne rappellent en rien la perfection du tableau qui se peint sur l'écran. Cette image est une copie admirablement fidèle de la nature; malheureusement, c'est une copie fugitive : aussitôt qu'on ferme l'instrument, elle s'évanouit. Les observateurs la contemplaient donc avec une curiosité mêlée du regret de n'entrevoir aucun moyen de la fixer jamais. Comment ces reflets impalpables eussent-ils gravé leur empreinte et laissé une trace durable au foyer de la lentille? La *photographie*[4], le dessin par la lumière, dut paraître aux savants et aux artistes de la Renaissance, non pas seulement comme un rêve très lointain, mais même comme une pure

1. Charles Ravaisson-Mollien, *les Manuscrits de Léonard de Vinci,* ms. I, fol. 22.
2. *De Subtilitate,* l. IV, p. 107, éd. de Nuremberg, 1550.
3. *Magia naturalis,* 1564.
4. Du grec φῶς, φωτός, lumière, et γράφειν, écrire, tracer.

utopie. Sa réalisation ne dépendait cependant que des progrès de la chimie.

Les changements de teinte, la décoloration que l'éclat du soleil fait peu à peu subir à certaines substances, n'avaient pas échappé aux anciens; mais aucune observation antérieure aux temps modernes n'avait permis de supposer que l'influence de la lumière suffirait pour créer un tableau en quelques instants. Les alchimistes avaient étudié le chlorure d'argent, qu'ils appelaient *argent corné;* seulement, préoccupés surtout de leurs recherches sur la transmutation, les propriétés photochimiques de ce composé n'avaient que médiocrement retenu leur attention. C'est à tort que Fabricius est cité comme ayant signalé, dans un ouvrage publié en 1565, le noircissement du chlorure d'argent exposé à la lumière. L'auteur du *Livre des métaux* remarqua bien que cette substance présente diverses couleurs, mais il n'a écrit nulle part que le soleil la noircit.

La plus ancienne tentative que l'on connaisse de l'utilisation des sels d'argent à l'impression d'une image par la lumière date de 1727. A cette époque, J.-H. Schulze enduisait de chaux et de nitrate d'argent une feuille de papier qu'il exposait au soleil sous un dessin ou sous une page d'écriture. Les rayons lumineux traversant les parties blanches de l'original réduisaient le sel sensible à l'état d'argent métallique très divisé, de couleur noirâtre, tandis que, sous les parties noires de l'écriture ou du dessin, qui arrêtaient les radiations solaires, le papier restait blanc. On avait ainsi une copie *négative,* c'est-à-dire une reproduction sur laquelle les traits noirs du modèle étaient traduits par des traits blancs, tandis que le fond blanc de l'original était représenté par un fond noir. Cette image était d'ailleurs fugace, puisque la couche sensible n'était pas éliminée. On pouvait bien la conserver quelque temps dans l'obscurité, mais, si on l'exposait au jour, les parties primitivement blanches noircissaient à leur tour, et la lumière détruisait elle-même son œuvre éphémère

En 1777, Scheele, étudiant l'influence des différents rayons du spectre solaire sur le chlorure d'argent, reconnut que l'action du violet et du bleu était beaucoup plus énergique et beaucoup plus rapide que celle du jaune et du rouge.

Le physicien français Charles réussit le premier, en 1780, à reproduire à l'aide de la lumière, non pas des portraits proprement dits, mais de simples silhouettes de personnes placées au soleil devant une feuille de papier sensible. Aucun texte n'indique la substance dont il faisait usage, mais il y a tout lieu de croire qu'il s'agissait d'un sel d'argent. Nous savons, en tout cas, son expérience ayant été répétée en public, dans ses cours au Louvre, que Charles ne fixait pas les images ainsi imprimées et que la feuille de papier finissait par devenir uniformément bronzée, sous l'action de la lumière.

Wedgwood, en 1802, exécutait une expérience analogue et faisait connaître le composé sensible à l'aide duquel il opérait. « Si l'on mouille un papier au moyen d'une dissolution de nitrate d'argent, écrit-il dans son Mémoire, il ne se manifeste aucun changement dans l'obscurité; mais à la lumière du jour ce papier change rapidement de couleur et devient noir après une action prolongée. La rapidité de l'impression est proportionnelle à l'intensité de la lumière; ainsi, au soleil, il ne faut que deux ou trois minutes, tandis qu'il faut plusieurs heures à la lumière diffuse. La lumière transmise à travers un verre rouge a une action infiniment moins active que celle qui a traversé un verre bleu ou violet. » Comme Charles, Wedgwood copia au soleil le profil d'une personne dont l'ombre se projetait sur son papier sensible.

Humphry Davy appliqua la même méthode aux images amplifiées par le microscope solaire. Le papier imprégné de nitrate d'argent et impressionné au foyer de l'objectif était lavé dans l'eau, qui n'éliminait que partiellement le composé sensible. Le fixage restait donc incomplet, et la surface entière ne tardait pas à brunir.

Nicéphore Niepce cherchait, depuis 1813, à fixer les images de la chambre noire. Il y réussit, en 1827, et, malgré l'extrême lenteur de son procédé, on doit le considérer comme le véritable inventeur de la photographie. Une plaque de cuivre argentée était enduite d'un vernis formé de bitume de Judée dissous dans l'essence de lavande. Cette plaque, exposée aux rayons transmis par la lentille *pendant huit heures,* était ensuite lavée dans un mélange d'huile de pétrole et d'essence de lavande. L'action de la lumière ayant eu pour effet de rendre le bitume insoluble dans ces liquides.

le métal n'était mis à nu que sur les parties correspondant aux ombres du modèle. En examinant la plaque éclairée sous l'incidence convenable, on apercevait les blancs du modèle représentés par la couche grisâtre de bitume oxydé, tandis que l'argent bruni mis à nu par le dissolvant représentait les noirs. Les contrastes étaient peu marqués, le modelé bien faible, et le temps de pose démesurément long. Néanmoins, les propriétés du bitume de Judée, découvertes par Niepce, sont restées utilisées en héliogravure.

Si imparfaites qu'elles fussent, ces premières ébauches de la lumière excitèrent l'étonnement de ceux qui les virent. A cette époque, un peintre de talent, Louis-Jacques-Mandé Daguerre, l'auteur du *Diorama*, faisait un fréquent usage de la chambre noire pour établir les maquettes de ses vastes compositions, et l'idée d'en fixer l'image insaisissable hantait depuis quelque temps son esprit, quand l'opticien Chevalier le mit en rapport avec Niepce. Daguerre n'avait encore obtenu que des reproductions extrêmement fugaces et d'ailleurs uniquement visibles dans l'obscurité, en impressionnant des substances phosphorescentes. Néanmoins, un traité fut passé, en décembre 1829, entre les deux inventeurs, qui se communiquèrent les résultats de leurs recherches et poursuivirent ensemble leurs travaux.

Il est bien difficile de préciser la part qui revient à chacun des collaborateurs dans le succès final. On s'accorde cependant à reconnaître que c'est à Daguerre qu'est due la découverte du développement de l'image latente formée par la lumière sur l'iodure d'argent. Niepce était mort le 5 juillet 1833, et Daguerre, livré seul à l'achèvement de l'œuvre commune, n'y parvint que quatre années plus tard. Un nouveau traité lia alors Daguerre et Isidore Niepce, le fils de Nicéphore, pour l'exploitation du nouveau procédé. Une souscription publique, ouverte le 15 mars 1838, demeura infructueuse, et il fallut que François Arago intervînt pour qu'une récompense nationale indemnisât les inventeurs, qui abandonnaient au public leur merveilleuse découverte.

Une rente viagère, de six mille francs pour Daguerre et de quatre mille pour Isidore Niepce, avec réversibilité de moitié sur les veuves, fut le prix du secret de la photographie. Le projet de loi présenté par le ministre de l'intérieur fut voté par acclamation, à

la Chambre des députés, sur le rapport d'Arago, le 3 juillet 1839, et à la Chambre des pairs, sur le rapport de Gay-Lussac, le 30 juillet suivant.

Le 10 août, en présence de l'Académie des sciences et de l'Académie des beaux-arts exceptionnellement réunies, Arago fit connaître les procédés du daguerréotype.

Une plaque de cuivre argentée et polie était soumise, dans l'obscurité, aux vapeurs de l'iode. Il se formait ainsi une couche d'iodure d'argent, très sensible à la lumière. On l'impressionnait dans la chambre noire, pendant quelques minutes, puis on la soumettait à l'action des vapeurs du mercure, qui développaient l'image latente. Le fixateur primitivement employé était le chlorure de sodium. Ce ne fut qu'en 1839 que John Herschel eut l'idée de le remplacer par l'hyposulfite de soude[1].

Avant même que le procédé de Daguerre eût été divulgué, Fox Talbot, qui avait entrepris, dès 1834, des recherches orientées dans une voie différente, faisait connaître, en Angleterre, au mois de mars 1839, un procédé photographique qui se rapproche davantage de nos méthodes actuelles. Un papier était imprégné de sel marin, puis de nitrate d'argent, de manière à former du chlorure d'argent, composé qui noircit rapidement à la lumière. En exposant ce papier sensible sous un dessin, on en obtenait une copie négative, que l'on fixait dans une solution concentrée de sel marin. Ce cliché négatif[2] servait ensuite à imprimer, à l'aide d'un second papier préparé de la même manière, une image positive, reproduisant fidèlement le modèle.

En 1841, Talbot préparait un autre papier, beaucoup plus sensible, utilisable dans la chambre noire. Ce papier était imprégné d'iodure d'argent et développé dans l'acide gallique. Ce nouveau procédé, dénommé *calotype* et popularisé en France par Blan-

1. Daguerre, *Historique et Description des procédés du daguerréotype et du diorama*, Paris (Alphonse Giroux et Cie), 1839.
R. Colson, *Mémoires originaux des créateurs de la photographie*, Paris (Carré et Naud), 1898.

2. Le Congrès international de photographie de 1900 a décidé que le nom technique du négatif ou cliché serait celui de *phototype*, et que l'épreuve ou positif prendrait le nom de *photogramme*. En dépit de cette décision, l'usage, qui fait loi en terme de langage, continue à consacrer l'emploi des autres dénominations.

quart-Evrard, est en quelque sorte le prototype de tous les pro cédés négatifs imaginés depuis : albumine, collodion, gélatino-bromure[1].

En 1847, Abel Niepce de Saint-Victor, fils d'un cousin germain de Nicéphore Niepce, crée le cliché sur verre, qu'il recouvre d'une couche d'albumine imprégnée d'iodure d'argent. Il obtient ainsi des images dont la délicatesse n'a jamais été dépassée, mais qui exigent malheureusement un temps de pose trop long.

En 1850, Legray signale l'emploi du collodion, mais c'est à Archer et à Fry qu'est due la création de ce procédé, resté longtemps le plus parfait de tous et même encore utilisé de nos jours, dans certaines industries, à cause de la finesse des reproductions qu'il permet d'exécuter[2].

***

Si nous nous étions proposé de retracer ici l'histoire complète de la photographie, il ne suffirait pas de montrer à la suite de quelles recherches le procédé au collodion a été presque complètement supplanté par le gélatinobromure d'argent. Il faudrait maintenant revenir quelques années en arrière et subdiviser cet exposé chronologique, afin de suivre dans leurs développements progressifs un grand nombre de procédés et d'applications. C'est ainsi que viendraient tour à tour s'offrir à cette analyse rétrospective la découverte et le perfectionnement de la platinotypie, des impressions pigmentaires, de la gravure photographique, de la reproduction des couleurs. Il faudrait encore suivre, depuis leur naissance jusqu'à leur état actuel, la photographie du relief, du mouvement, de l'invisible, etc. Une telle méthode manquerait d'autant plus de clarté, qu'elle ferait nécessairement appel à des connaissances que le lecteur ne possède peut-être pas encore. Il est temps de passer à un exposé plus rationnel, qui ne nous fera

1. Blanquart-Evrard, *la Photographie, ses origines, ses progrès, ses transformations,* Lille (Danel), 1869.

2. J.-M. Eder, *Geschichte der Photographie* (Histoire de la photographie), Halle a/S (Wilhelm Knapp), 1905.

d'ailleurs pas perdre entièrement de vue les questions d'ordre historique : le début de la plupart de nos chapitres sera donc réservé aux origines et à la mise au point de chaque procédé.

Ce que nous voudrions seulement souligner dès à présent, après avoir rappelé la lente gestation, les tâtonnements pénibles des précurseurs, les premiers pas timides et incertains du nouvel art, c'est l'essor prodigieux qu'il a pris, au cours des dernières années. A ses débuts, la photographie n'a été qu'un moyen inespéré de rendre accessible aux bourses les plus modestes ces souvenirs des êtres chers, ces portraits de famille auparavant réservés aux privilégiés de la fortune. Cette première application est restée, à juste titre, la plus importante ; mais combien d'autres s'imposent actuellement à notre attention ! Qu'il s'agisse de fournir à la science ou à l'industrie des documents précis, d'une indiscutable fidélité et d'une incomparable richesse de détails, ou de créer, au contraire, dans un but esthétique, des images volontairement simplifiées ; que son objet soit d'instruire le public ou de le charmer, la photographie a définitivement conquis la première place, et souvent la place unique, parmi les arts de reproduction. Feuilletons un livre illustré, parcourons un magazine, jetons les yeux sur un journal quotidien ou sur une affiche, consultons un programme ou un catalogue, partout nous retrouverons, sinon la photocopie aux sels d'argent, du moins la photogravure dont le cliché a été créé par la lumière.

La photographie instantanée, dont les rares produits évoquaient jadis l'idée d'extraordinaires prouesses, est désormais l'opération la plus simple du monde, à la portée même d'un enfant. Et ce n'est plus seulement la représentation d'une attitude isolée que la plaque sensible enregistre : le mouvement, dans ses phases infiniment variées, est maintenant analysé, disséqué, si l'on peut dire, et reconstitué si bien que le cinématographe est devenu le spectacle le plus en vogue.

Avec le stéréoscope, les monuments, les sites du monde entier sont connus de tous, car ce n'est plus seulement la ligne, la forme, que la photographie reproduit scrupuleusement : à la vérité du dessin, voici qu'elle ajoute encore le charme de la couleur. Aussi, lorsqu'on soumet à l'observation binoculaire une plaque *auto-*

chrome, c'est comme si l'on avait la nature même sous les yeux, avec son relief, avec sa perspective et jusqu'à ses moindres nuances.

L'invention de Niepce et de Daguerre est allée plus loin : avec les rayons X, elle a sondé le mystère des organismes vivants; combinée avec le microscope ou avec la lunette astronomique, elle a reculé les limites de nos investigations dans l'étude de l'infiniment petit et de l'infiniment grand; elle a révélé l'existence de ce que l'œil humain ne pourra jamais voir.

Encore que très abrégée, cette énumération peut donner une idée de la complexité de la tâche que nous avons entreprise : réunir, dans un exposé pratique, aussi complet que possible quoique relativement court, les procédés photographiques et leurs applications.

Ces procédés, ces applications, sont aujourd'hui si nombreux qu'une vaste encyclopédie serait nécessaire pour en noter tous les détails. Aussi la bibliographie photographique comprend-elle plusieurs centaines de volumes. Il est vrai qu'on y rencontre fréquemment des redites et des superfétations ; c'est justement à éviter les unes et les autres que ce livre s'est attaché.

Une pratique déjà longue de la photographie nous a surtout servi à faire œuvre d'éclectisme, parmi la foule innombrable des formules et recettes si souvent rééditées avec d'insignifiantes variantes. Cependant notre seule expérience n'aurait pas toujours suffi à nous guider : il a fallu puiser dans les travaux antérieurs, compulser quantité de documents épars. Un travail de revision a suivi : il ne s'agissait pas de résumer rapidement ce que nous avions lu; il fallait faire un choix, éliminer l'inutile, rectifier les erreurs, remonter aux textes originaux. Nous devions d'ailleurs nous borner au strict essentiel. Toutefois, pour que le lecteur fût mis à même de bénéficier entièrement de nos études préparatoires, il n'y avait qu'à lui fournir le moyen de diriger ses recherches vers les spécialités qu'il désirerait approfondir. C'est pourquoi chacun de nos chapitres se termine par une notice bibliographique.

Ces références sont, d'ailleurs, elles-mêmes le résultat d'une sélection. Nous avons pris soin de ne citer que les écrits d'une réelle valeur, choisissant, parmi un grand nombre d'ouvrages similaires, les mieux informés, les plus substantiels.

A ces livres venait s'ajouter une autre source de documentation. Nous voulons parler des publications périodiques, de ces revues photographiques qui viennent, chaque mois ou chaque semaine, contribuer à enrichir la science ou l'art et nous tenir au courant des progrès accomplis. Nous y avons souvent puisé de précieux enseignements, et il resterait une lacune à nos bibliographies, si nous ne nommions pas, en commençant ce Traité : la *Science au vingtième siècle,* le *Bulletin de la Société française de Photographie,* la *Photo-Revue,* la *Photographie des couleurs,* la *Photo-Gazette,* les *Annales de la photographie,* le *Moniteur de la photographie,* la *Revue scientifique,* la *Revue générale des sciences,* le *Procédé,* la *Nature,* les *Comptes rendus de l'Académie des sciences.*

Les constructeurs, surtout les opticiens, nous ont aussi apporté un concours dont il nous est particulièrement agréable de les remercier.

En espérant n'avoir rien oublié d'important ni avancé des faits inexacts, nous ne saurions affirmer que jamais aucune erreur ni aucune omission ne s'est glissée dans notre travail. Nous serions reconnaissant aux lecteurs qui voudraient bien nous en signaler les imperfections.

TRAITÉ GÉNÉRAL

DE

PHOTOGRAPHIE

LIVRE PREMIER

MATÉRIEL PHOTOGRAPHIQUE

CHAPITRE PREMIER

LA CHAMBRE NOIRE

Organes essentiels. — L'appareil photographique est essentiellement constitué par une *chambre noire,* c'est-à-dire par une enceinte close dans laquelle une surface sensible à la lumière reçoit l'image des objets extérieurs qui y sont dessinés par un *objectif.*

L'objectif est formé d'une combinaison de lentilles, dont l'étude fera le sujet du chapitre suivant. Nous devons seulement retenir ici, pour la description de la chambre noire, que la *distance focale,* l'intervalle qui sépare l'objectif de la plaque sensible, varie suivant la distance du sujet à reproduire et suivant la combinaison optique utilisée. En deçà comme au delà de cet intervalle, l'image projetée par l'objectif cesse d'être nette. C'est pourquoi il est nécessaire, avant de photographier un sujet, de régler la position que doit occuper la surface sensible, de la reculer ou de l'avancer, en un mot, de *mettre au point.*

Néanmoins, il existe de petits appareils photographiques où la distance entre l'objectif et la plaque demeure invariable. Dans ce cas, l'image des objets situés au delà d'une certaine distance, dix mètres par exemple, offre une netteté pratiquement suffisante, mais celle des objets plus rapprochés est floue.

Primitivement, la chambre noire était composée de deux boîtes en bois coulissant l'une dans l'autre pour le réglage de la distance focale. Aujourd'hui, elle est constituée le plus souvent par un soufflet en cuir ou en toile opaque, noirci à l'intérieur. L'une des extrémités de ce soufflet est reliée au support de l'objectif, l'autre aboutit à un cadre disposé de manière à recevoir soit un cadre plus petit dans lequel est serti un verre dépoli. soit un châssis contenant la plaque sensible.

Pour mettre au point, l'opérateur se place sous un voile en étoffe noire, afin de n'être pas gêné par la lumière extérieure, et, observant l'image que l'objectif projette sur le verre dépoli, il avance ou recule l'écran, jusqu'à ce que l'objet à reproduire s'y montre avec toute la netteté voulue. Le verre dépoli est alors remplacé par le châssis porte-plaque. Il est indispensable que la construction de l'appareil soit assez précise pour que la surface sensible occupe exactement le même plan que le côté dépoli de l'écran de mise au point.

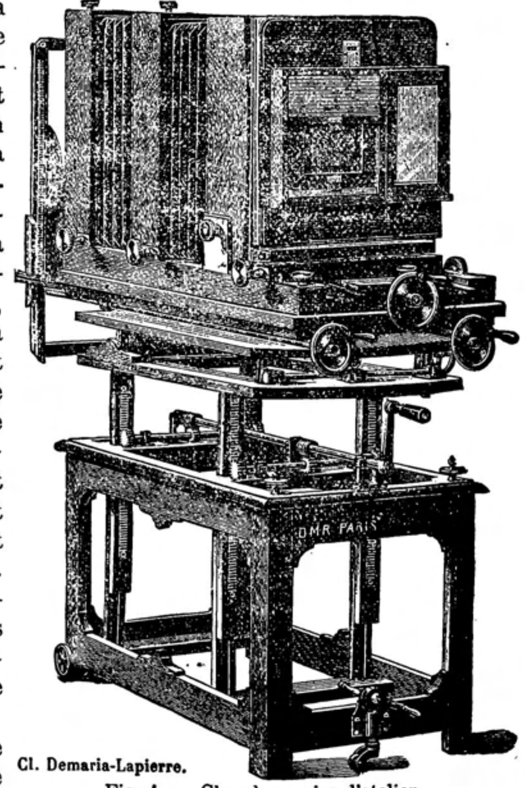
La disposition de ces organes a été diversement comprise par les constructeurs d'appareils photographiques. Les modèles actuels en sont si nombreux qu'il serait impossible de les passer tous en revue. On peut cependant les ramener à quelques types principaux, qu'il suffira de décrire brièvement.

Chambres noires d'atelier. — L'appareil d'atelier n'étant pas destiné au transport, on n'a pas à se préoccuper de le rendre léger : la solidité et la précision doivent être ses principales qualités. Ces conditions se trouvent parfaitement réalisées dans le modèle représenté fig. 1. Le soufflet se compose de deux parties montées sur trois cadres glissant sur le socle horizontal, où des vis de serrage les immobilisent. L'objectif est monté, suivant les conditions de la mise au point, soit sur le cadre d'avant, soit sur le cadre intermédiaire. Le cadre arrière porte le chariot mobile, sur lequel on aperçoit le verre dépoli de mise au point, à côté du châssis qui contient la plaque sensible. Cette disposition est particulièrement commode pour l'exécution des portraits, car elle évite la perte de temps qu'occasionnerait l'emploi de pièces indépendantes.

Le support du chariot avance ou recule, pour la mise au point, à l'aide d'une crémaillère à mouvement très doux. En outre, une

bascule permet de l'incliner, dans le cas où la partie supérieure du modèle ne se trouverait pas dans le même plan que la partie inférieure.

Une fois la mise au point bien réglée, des vis de serrage immobilisent le cadre et sa bascule. On ferme alors l'*obturateur* (organe qui sera décrit chapitre III), et l'on pousse de gauche à droite le cadre mobile; la plaque sensible occupe alors la place qu'occupait jusque-là le verre dépoli, et il n'y a plus qu'à ouvrir le châssis et l'obturateur. Notre gravure montre le châssis à moitié ouvert, ce qui permet de voir comment fonctionne le volet qui masque la plaque. C'est un volet *à rideau,* formé de petites lamelles de bois collées sur une étoffe opaque.

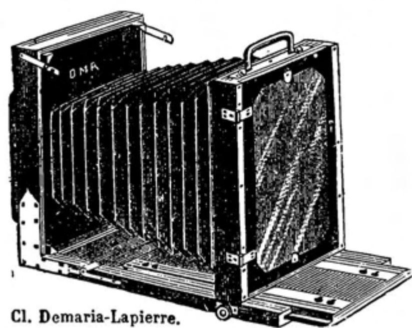


Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 1. — Chambre noire d'atelier.

La chambre noire a pour support une tablette montée sur trois galets. Le galet d'arrière est soulevé à l'aide d'un levier, lorsqu'on veut immobiliser l'appareil. On fait monter ou descendre la chambre, pour la mettre au niveau du sujet, en manœuvrant une manivelle reliée à quatre crémaillères. Au-dessus de cette manivelle, on en aperçoit trois autres, plus petites. L'une sert à

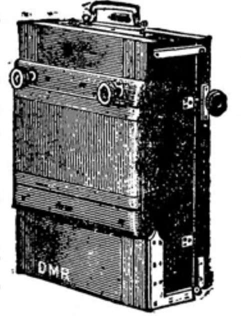
la mise au point, la seconde permet d'incliner la chambre noire, la troisième fait mouvoir un léger cadre (dont on ne voit qu'une partie, le reste se trouvant masqué par l'avant de la chambre) portant un écran évidé pour les portraits en dégradé.



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 2. — Chambre à queue pliante (ouverte).

Chambres noires portatives. — Ces appareils doivent être légers, quoique robustes, et se réduire à un faible volume pendant le transport. Les fig. 2 et 3 en représentent un modèle déjà ancien, mais encore assez répandu, en raison de sa solidité, surtout dans les grands formats. L'objectif est fixé à une planchette coulissant horizontalement sur un panneau susceptible de se déplacer dans le sens vertical, suivant la disposition du sujet et les exigences de la mise en plaque. Ce double déplacement que peut subir l'instrument d'optique constitue le *décentrement*. Le panneau arrière une fois ouvert constitue le socle horizontal le long duquel se déplacera le chariot mobile. La rigidité en est assurée par une planchette à glissières formant verrou. Le chariot mobile se déplace pour la mise au point à l'aide d'une crémaillère à double pignon et vis de serrage; il porte deux lames de cuivre, dites *bandes d'accrochement*, dans lesquelles sont évidés trois encastrements doubles auxquels viennent s'adapter des têtes de vis ou des crochets qui font saillie sur le corps arrière de la chambre. Ce triple encastrement permet d'employer des objectifs à court ou à long foyer et même de faire des reproductions. Le corps d'arrière est muni de vis ou de crochets d'encastrement sur deux de ses côtés, de



Cl. Demaria-Lapierre.

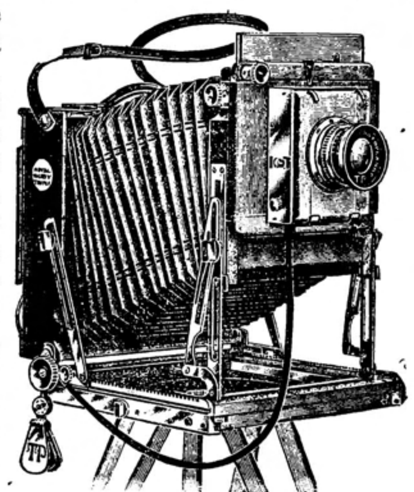
Fig. 3. — Chambre à queue pliante (fermée).

manière à pouvoir être fixé sur le chariot soit en largeur, soit en hauteur. A cet effet, le soufflet n'est pas directement collé sur le panneau antérieur : il est fixé à une petite planchette munie d'une rondelle métallique tournant à frottement doux sur une large et mince poulie vissée sur l'avant-corps.

Le verre dépoli est porté par un cadre à charnières, maintenu contre le cadre arrière par un verrou, et s'ouvre comme une porte, lorsqu'on veut y substituer les châssis porte-plaques.

Ce modèle de chambre noire, dit à *queue pliante,* est construit en divers formats; il est surtout usité pour les plaques 13×18 et 18×24 centimètres, mais on le fait aussi pour des grandeurs bien supérieures, 30×40 et même 50×60.

Le soufflet tournant est souvent remplacé, surtout dans les chambres anglaises, par une disposition différente, dont la fig. 4 montre un spécimen. Le cadre du verre dépoli ainsi que la feuillure destinée à recevoir le châssis sont fixés à un panneau carré que l'on peut adapter dans les deux sens à l'arrière-corps, qui est également carré. On exécute ainsi des vues soit en hauteur, soit en largeur, sans avoir à faire tourner le soufflet ni décrocher l'arrière-corps. Les chambres construites de cette manière sont très solides, mais un peu plus volumineuses que le modèle à queue pliante.



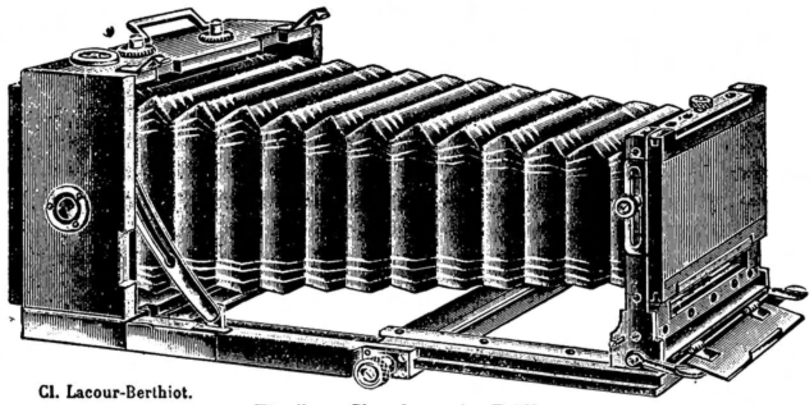
Cl. Thornton-Pickard.

Fig. 4. — Chambre carrée.

Pour les formats 9×12 et au-dessous, on préfère généralement aujourd'hui des modèles plus légers, de formes plus fines et de volume beaucoup plus réduit.

Dans l'appareil *Folding* (fig. 5) l'arrière-corps se fixe directement sur le trépied, soit dans un sens, soit dans l'autre, à l'aide

d'un des deux écrous adaptés à deux côtés contigus. Le panneau opposé au verre dépoli s'ouvre à charnières et se rabat horizonta-



Cl. Lacour-Berthiot.

Fig. 5. — Chambre noire Folding.

lement pour former la base à chariot; il est maintenu dans cette position par un verrou. L'objectif et son support, qui se trouvaient enfermés pendant le transport entre le chariot et le verre dépoli, sont amenés par des glissières jusqu'à la place exigée par la mise au point. Le support de l'objectif n'est plus ici un assemblage assez lourd de bois épais et de planchettes superposées. C'est un cadre léger, ou même un petit socle soutenant deux colonnettes métalliques (fig. 6) entre lesquelles est placé l'objectif, à la hauteur déterminée par la position du sujet.



Cl. Ica.

Fig. 6. — Appareil Folding léger.

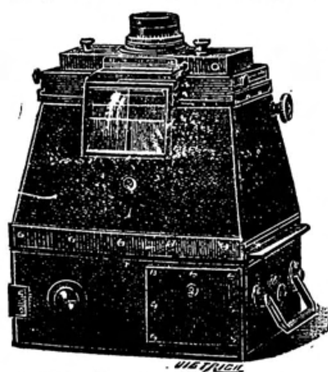
Dans l'appareil *Clapps,* la base horizontale et le chariot mobile sont supprimés. La chambre est fixée sur son support, en hauteur ou en largeur, par un des deux écrous disposés sur l'arrière-corps. L'objectif est placé

à la distance voulue de la plaque sensible par des tringles articulées. Le soufflet est remplacé par une sorte de sac en cuir. La mise au point s'effectue en réglant l'objectif, dans la monture duquel est ménagée une rampe hélicoïdale. Dans d'autres modèles, d'ailleurs peu différents, la distance entre l'objectif et l'arrière-corps est modifiée à l'aide de vis agissant sur les tringles articulées.



Fig. 7. — Chambre détective.

Une disposition toute différente est adoptée pour les plus petits formats. L'appareil ne se replie plus pour le transport. C'est une boîte, en métal ou en bois recouvert de cuir, dont la forme reste invariable (fig. 7). Le volume n'en est pas trop encombrant, et l'on a l'avantage d'être toujours prêt à opérer. Il n'y a point de verre dépoli, la mise au point se règle au juger, d'après la distance approximative du sujet, et se trouve même supprimée, dans les appareils à bon marché. L'objectif est braqué dans la direction voulue au moyen d'un *viseur*, accessoire qui sera décrit plus loin.



Cl. Lacour-Berthiot.
Fig. 8. — Jumelle.

Parfois ces chambres noires, de format extrêmement réduit, affectent la forme d'un tronc de pyramide à base rectangulaire (fig. 8); on les désigne d'ordinaire sous le nom impropre de *jumelles*. Cette dénomination devrait, ce semble, être réservée aux appareils dont la forme rappelle plus exactement celle d'une véritable jumelle et que nous aurons à examiner en traitant de la photographie stéréoscopique (chap. XXI).

La plupart des chambres portatives sont munies d'un ou deux viseurs, ainsi que de niveaux à bulle d'air, permettant d'assurer la direction horizontale de l'axe optique, sans laquelle il n'est pas possible d'éviter la déformation des lignes du modèle.

Châssis. — La plaque ou la pellicule sensible à la lumière doit être conservée dans l'obscurité la plus complète jusqu'au moment de recevoir l'image que l'objectif projette dans la chambre noire. Le châssis qui la contient est une boîte, généralement très peu épaisse, qui s'ajuste à l'arrière de la chambre, à la place qu'occupait le verre dépoli pendant la mise au point. Pour démasquer la plaque, on ouvre le *volet,* qui forme une sorte de couvercle à coulisse sur la face du châssis tournée vers l'objectif. Ce volet est *à brisures* ou *à rideau.* Le volet à brisures est une planchette que l'on tire à l'aide d'une languette extérieure pour démasquer la plaque. Cette planchette est divisée et collée sur une bande d'étoffe opaque formant charnière, de manière à pouvoir se rabattre sur la face extérieure du châssis (fig. 9).



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 9. — Châssis à brisures.

Le volet à rideau (fig. 10) est constitué par un grand nombre de lamelles de bois étroites collées sur étoffe. Cette disposition lui donne une souplesse suffisante pour contourner une traverse de bois arrondie placée dans l'épaisseur du châssis et glisser dans des rainures ménagées sur ses deux faces. Le rideau vient ainsi s'appliquer sur la face extérieure du châssis, quand on démasque la plaque. Ce volet souple préserve plus sûrement la préparation sensible des moindres filets de lumière qui pourraient s'introduire dans le châssis et la mettre hors d'usage. On peut l'ouvrir même quand il est placé sur un appareil exposé au soleil, tandis qu'il serait imprudent d'ouvrir un châssis à volet rigide sans prendre la précaution de recouvrir la chambre noire d'un voile en étoffe opaque.



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 10. — Châssis à rideaux.

Le châssis d'atelier (fig. 1) ne contient qu'une seule plaque, que l'on introduit par l'arrière, c'est-à-dire du côté opposé au volet, après avoir ouvert une porte maintenue par des taquets. Les châs-

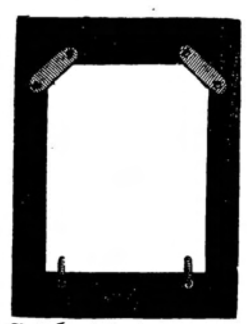
sis des appareils portatifs contiennent ordinairement deux plaques disposées dos à dos et séparées par une cloison opaque à laquelle sont adaptées des lames élastiques destinées à pousser les plaques contre leurs taquets de retenue, de manière à assurer la concordance qui doit exister entre la surface sensible et le plan déterminé par la mise au point. Chaque face du châssis est fermée par un volet, à brisures ou à rideau (fig. 11).



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 11. — Châssis double.

Lorsqu'on doit exécuter une photographie de format plus petit que celui du châssis, il faut y adapter un *intermédiaire* (fig. 12). Cette pièce est ordinairement constituée par un cadre, en bois mince ou en métal, qui prend la place qu'occupent habituellement les plaques sensibles et dont le centre est évidé de manière à recevoir une plaque plus petite. L'intermédiaire est maintenu par les taquets du châssis et porte lui-même des taquets destinés à retenir la petite plaque. Les châssis de grandes dimensions sont presque toujours accompagnés d'une série d'intermédiaires concentriques, c'est-à-dire s'adaptant les uns aux autres, de manière à rendre possible l'utilisation des formats de plaques les plus usuels : 6,5×9, 9×12, 13×18, 18×24, 21×27, 24×30, 30×40, etc.



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 12. — Intermédiaire.

Aux appareils de très petit format s'adaptent parfois des châssis très minces en métal, contenant chacun une seule plaque. Dans d'autres modèles, au contraire, les plaques sont toutes réunies dans un *magasin*.

Magasin. — On désigne sous ce nom un châssis disposé de manière à contenir plusieurs plaques, une douzaine par exemple. Chaque plaque est placée dans un petit cadre et vient, à tour de rôle, occuper le plan focal. Un mécanisme très simple assure le fonctionnement du magasin.

La fig. 13 représente l'intérieur de la sténojumelle Joux et de son magasin. Après chaque pose, la joue supérieure est écartée de la paroi opposée, et ce mouvement suffit pour que la plaque impressionnée soit poussée par un ressort à l'arrière de l'appareil. Quand on replie ensuite la boîte, la plaque passe en arrière des autres, qu'elle pousse en avant sous l'action du ressort recourbé. Cette poussée a pour effet d'amener la seconde plaque au foyer de l'objectif.

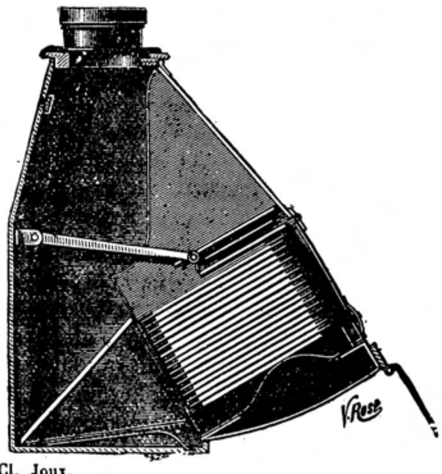


Fig. 13. — Coupe du magasin de la sténojumelle.

La fig. 14 montre une combinaison différente. Les cadres portant les plaques sont placés à l'arrière de la chambre et poussés, quand l'appareil est fermé, par le ressort A. La première plaque est maintenue au foyer de l'objectif par une gouttière montée sur un axe qui aboutit extérieurement au levier D. En déplaçant ce dernier vers la droite, quand la première plaque a été impressionnée, celle-ci se trouve dégagée et tombe au fond de la boîte. La seconde plaque, sous l'impulsion du ressort A, vient alors prendre la place de la première.

Fig. 14. — Coupe de la chambre détective.

Les plaques de verre ont l'inconvénient d'être lourdes et fragiles : aussi les remplace-t-on de plus en plus par le celluloïd. Dans beaucoup de petits appareils, le support de la

surface sensible est une pellicule souple en forme de longue bande enroulée sur une bobine en même temps qu'une bande de papier noir. Les chambres destinées à utiliser ces pellicules portent un magasin spécial dans lequel se déroulera la bande (fig. 15). La bobine y est introduite, en pleine lumière; on tire la bande de papier qui l'entoure, on la fixe à un axe disposé à l'une des extrémités du magasin, que l'on referme ensuite, et on tourne une clef extérieure reliée à cet axe. Le commencement de la bande sensible se trouve ainsi démasqué, prêt à recevoir l'impression lumineuse, aussitôt que l'objectif aura été ouvert. Après la pose, on donne quelques tours de clef, la surface impressionnée est enroulée sur l'axe et protégée par le papier noir dont elle est doublée, et une nouvelle surface se trouve à son tour en position pour enregistrer l'image transmise par l'objectif. Quand la bande a été impressionnée dans toute sa longueur, elle se trouve enroulée tout entière autour de l'axe terminé par la clef extérieure; en donnant encore quelques tours de clef, on achève d'enrouler la bande de papier noir, dont le but est de préserver la couche sensible de la lumière extérieure. Rien n'empêche alors de retirer, en plein jour, la bobine impressionnée et de la remplacer par une nouvelle bobine. Le touriste, l'explorateur, peuvent ainsi, munis d'une provision suffisante de bobines, faire ample moisson de documents ou de souvenirs, sans être obligés de s'enfermer dans une pièce obscure pour y manipuler des préparations que le moindre filet de lumière suffirait à mettre hors d'usage.

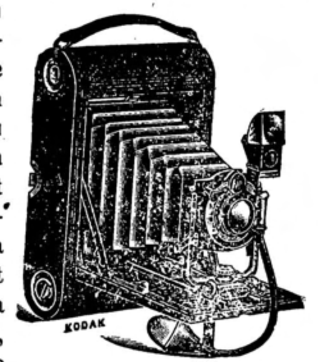
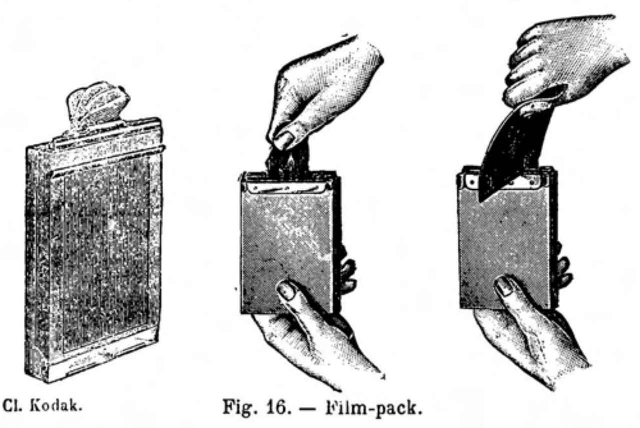


Fig. 15. — Kodak pliant à pellicules.

On construit, enfin, des châssis-magasins destinés à recevoir des pellicules indépendantes les unes des autres, et non plus en longues bandes. Tels sont le *film-pack* Premo et le *bloc-film* Lumière, qui permettent également d'exécuter un nombre illimité de clichés, sans recourir au chargement des châssis dans le laboratoire. Douze pellicules sont livrées par le fabricant empaquetées

ensemble; à chacune d'entre elles est collée une feuille de papier noir passée sur une baguette de bois arrondie, repliée sur le côté opposé du paquet et terminée par une languette qui fait saillie à l'extérieur (fig. 16). Le paquet étant introduit dans le châssis-magasin, on tire d'abord la première feuille noire, et la première pellicule, ainsi démasquée, se trouve prête à recevoir l'impression. La pose achevée, on tire la feuille de papier noir à laquelle est collée par son extrémité inférieure la pellicule qui vient d'être utilisée; cette pellicule, suivant la feuille noire, passe donc sous



Cl. Kodak. Fig. 16. — Film-pack.

la baguette de bois arrondie disposée dans le bas du paquet, et vient ensuite se placer derrière les autres pellicules. A ce moment, la feuille de papier noir est presque complètement sortie du paquet : il n'y a plus qu'à déchirer toute la partie qui fait saillie. En même temps que la première pellicule passe en arrière du paquet, elle démasque la seconde, que l'on amènera derrière la première, après la pose, en tirant la feuille noire après laquelle elle est collée. Quand les douze pellicules ont été ainsi successivement utilisées, la première se trouve de nouveau devant toutes les autres, mais elle a devant elle une dernière feuille de papier noir qui se trouvait derrière la douzième pellicule et qui maintenant protège la première de l'action lumineuse. On peut donc retirer le film-pack du châssis et y placer un nouveau paquet.

Viseurs. — L'examen de l'image projetée sur le verre dépoli n'a pas pour seul but le réglage de la mise au point, c'est-à-dire de la distance qui doit séparer l'objectif de la surface sensible : il sert aussi à régler la *mise en plaque*, c'est-à-dire la manière dont le sujet se présente dans le champ de l'instrument.

Les chambres noires dépourvues de verre dépoli nécessitent l'emploi d'un *viseur*. Cet accessoire accompagne d'ailleurs la plupart des appareils portatifs, même ceux qui sont munis d'un écran de mise au point : dans ce cas, le viseur est encore utile, une fois le châssis en place et la plaque démasquée, pour reproduire les objets qui se déplacent et dont il n'est pas possible de repérer d'avance, sur le verre dépoli, la position exacte qu'ils vont occuper sur la surface sensible.

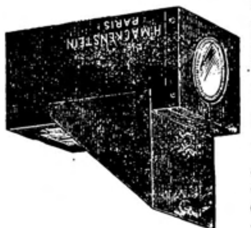


Fig. 17.
Viseur à chambre noire.



Fig. 18. — Viseur clair.

Le viseur est constitué soit par une chambre noire en miniature (fig. 17) dont l'image est ordinairement redressée par un miroir incliné à 45°, soit par un verre concave où sont gravés deux traits perpendiculaires et derrière lequel est un œilleton (fig. 18).

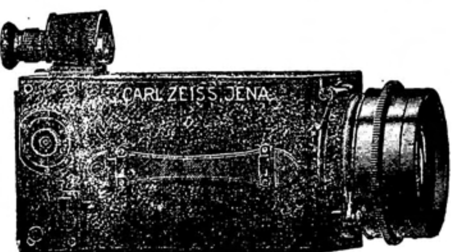


Fig. 19. — Viseur à lunette.

Pour viser les sujets éloignés, on emploie une petite lunette d'approche (fig. 19).

Tous ces viseurs permettent bien de braquer l'appareil dans la direction voulue et de saisir le sujet à l'instant précis où il se trouve le mieux placé, mais non de régler la mise au point. Ce réglage ne saurait être effectué à l'avance, pour la plupart des scènes animées, dont les sujets vont occuper des positions impossibles à prévoir. Or,

les objectifs très lumineux que l'on utilise en pareil cas ne donnent des images nettes que dans un plan rigoureusement délimité et exigent, par suite, que la mise au point soit réglée avec soin au dernier moment. On a construit, à cet effet, des chambres à deux corps, munies de deux objectifs identiques, dont l'un projette l'image du sujet sur la plaque sensible et l'autre sur le verre dépoli. L'opérateur a ainsi la faculté d'observer l'image et de rectifier soit la mise en plaque, soit la mise au point, jusqu'au moment de la pose.

Cette combinaison conduit à des résultats parfaits, mais son application n'est pas sans inconvénients. Dans l'atelier, elle n'a que le défaut de nécessiter l'achat de deux objectifs, généralement très coûteux. Pour les travaux en plein air, l'appareil double est, en outre, trop lourd et trop encombrant, quand on ne s'en tient pas aux plus petits formats.

C'est pour éviter ces inconvénients qu'ont été imaginées les chambres *reflex*, ou à miroir. Ces appareils se répandent de plus en plus, aujourd'hui, parce qu'ils satisfont à des nécessités nouvelles. L'extension croissante de l'illustration photographique, le goût, chaque jour plus affirmé, du public pour l'information rapide et le document précis, ont créé un mode de reportage inconnu de la génération qui nous a précédés. Les appareils ordinaires ne satisferaient pas aux conditions requises.



Cl. Ica.

Fig. 20. — Appareil reflex.

Il faut avoir la faculté d'opérer sur-le-champ et supprimer tout préparatif d'installation. On ignore souvent, une minute à l'avance, à quel endroit il faudra se placer pour photographier le ballon qui atterrit, l'automobile qui fait panache, l'aviateur qui prend son essor, etc. Il ne saurait

être question de fixer la chambre noire sur un pied : il faut la tenir en mains, soutenue par une courroie, et la braquer, en un clin d'œil, vers le sujet. Un viseur ordinaire ne servirait pas à grand'chose, car il ne suffit pas que le sujet se trouve dans le champ de l'objectif, il faut aussi qu'il soit net sur la plaque. Donc,

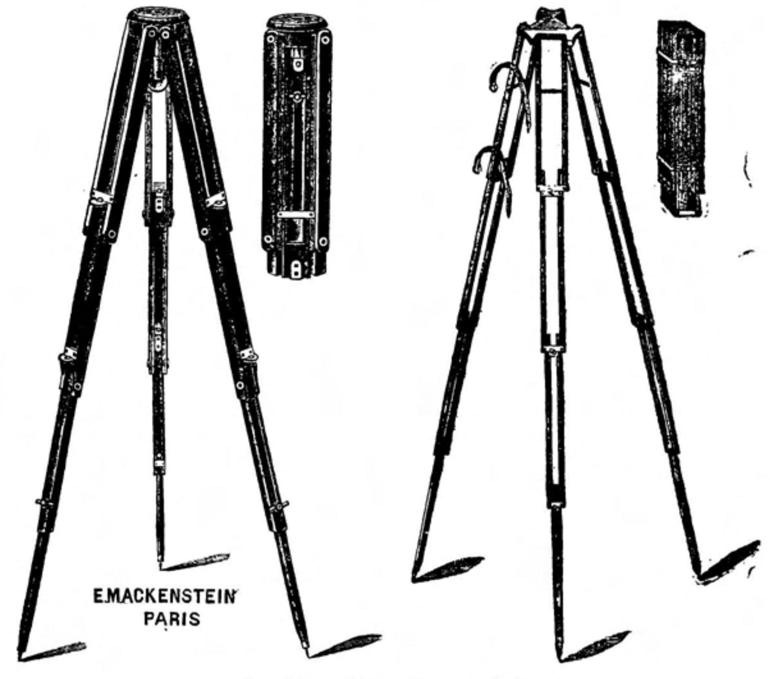
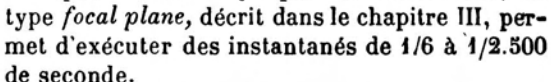


Fig. 21. — Pieds pliants en bois.

il faut mettre au point, rectifier le plan focal jusqu'au momen d'opérer, puis, sans perdre même une demi-seconde, impressionner la plaque. Il est donc nécessaire qu'en un instant la surface sensible soit substituée au verre dépoli, et l'obturateur prêt à ouvrir et fermer l'objectif. Aucun des modèles précédemment décrits ne permettrait de réaliser ce tour d'adresse, quelle que soit d'ailleurs l'habileté de l'opérateur.

Ces conditions toutes particulières ne sont réalisées que dans les appareils à miroir, dont la fig. 20 reproduit un excellent spécimen. Un miroir incliné de 45° sur l'axe optique renvoie l'image fournie par l'objectif sur le verre dépoli, qui occupe la paroi supérieure. Un cône souple remplace le voile noir pour apercevoir l'image et mettre au point. Le châssis est déjà mis en place, du côté qui fait face à l'objectif, et la plaque démasquée pendant la mise au point; seulement le rideau de l'obturateur ainsi que le miroir interposé empêchent la lumière transmise par l'objectif de venir impressionner la surface sensible. On observe donc le sujet, sur le verre dépoli, jusqu'au moment de le photographier. Il suffit alors de presser la détente : le miroir remonte aussitôt contre le verre dépoli, qu'il couvre complètement, en même temps que fonctionne l'obturateur disposé devant la plaque. Cet obturateur, du



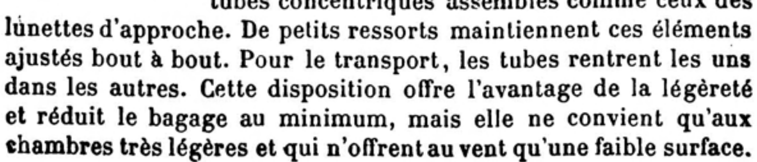
type *focal plane,* décrit dans le chapitre III, permet d'exécuter des instantanés de 1/6 à 1/2.500 de seconde.



Cl. Bellieni.

Fig. 22. — Pied métallique à branches rentrantes.

Supports des appareils légers. — Le pied d'atelier (fig. 1) offre une solidité qui met la chambre noire à l'abri des trépidations, mais il est très lourd. Le touriste, le promeneur, ont besoin de supports légers et peu encombrants. Pour les appareils de formats assez grands, on construit des trépieds en bois, dits *à brisures* (fig. 21), dont chaque branche est formée de trois ou quatre parties coulissant ou se rabattant les unes sur les autres. La hauteur totale de ces supp ts atteint environ 1^{m},50; repliés, ils ne dépassent guère 60 centimètres. C'est encore trop pour beaucoup d'amateurs, qui préfèrent les pieds métalliques (fig. 22) formés de plusieurs tubes concentriques assemblés comme ceux des



lunettes d'approche. De petits ressorts maintiennent ces éléments ajustés bout à bout. Pour le transport, les tubes rentrent les uns dans les autres. Cette disposition offre l'avantage de la légèreté et réduit le bagage au minimum, mais elle ne convient qu'aux chambres très légères et qui n'offrent au vent qu'une faible surface.

En effet, les pieds métalliques, trop flexibles, sont facilement ébranlés. Chaque fois qu'il est possible de réduire la pose à une fraction de seconde, il vaut mieux renoncer à ces supports instables et tenir l'appareil à la main, ou le suspendre à une courroie passée sur les épaules et autour du cou.

OUVRAGES A CONSULTER

J.-M. EDER, *Die photographische Kamera und die Momentapparate*, 2e édition, Halle a/S (W. Knapp).
G. MÉNÉTRAT, *Etude élémentaire de l'objectif, des chambres et des obturateurs*, Paris (Ch. Mendel), 1906.
G. MAURION, *le Matériel photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1902.
G. PIZZIGHELLI, *Die photographischen Apparate*, 2e édition, Halle a/S (W. Knapp).
J.-F. SCHMIDT, *Das Photographieren*, 2e édition, Vienne (A. Hartleben), 1909.

CHAPITRE II

L'OBJECTIF

Propagation de la lumière. — La lumière se propage en ligne droite, dans un milieu homogène, par exemple dans une atmosphère calme et limpide. Il est facile de s'en assurer, en interposant une lame opaque sur un point quelconque de la ligne droite qui va de notre œil à un objet : celui-ci cesse d'être visible. C'est en vertu de la même propriété que les objets extérieurs projettent leur image renversée au fond d'une chambre obscure percée d'une petite ouverture (fig. 23). Les rayons émanés de l'objet AB se croisent en *mn*; l'image du point A se forme en A', sur l'écran PQ, et celle de B en B'.

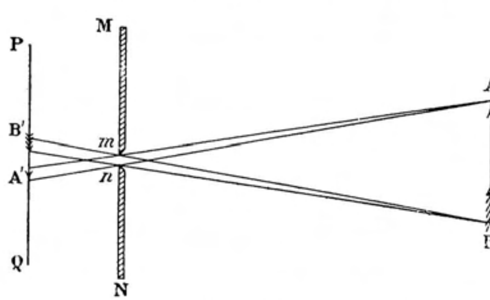


Fig. 23. — Propagation de la lumière.

Mais la lumière prend une direction différente chaque fois qu'elle rencontre un obstacle ou change de milieu. Si elle tombe sur une surface polie, sur un miroir, par exemple, elle s'y *réfléchit,* et sa nouvelle direction est liée à sa direction primitive et à la position de la surface réfléchissante par une loi constante : l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence. Si elle rase les bords d'une lame opaque, elle est déviée par *diffraction.* Si elle passe d'un corps transparent dans un autre corps transparent, ou si le milieu primitif, sans changer de nature, change de densité, une partie des rayons lumineux se réfléchissent, et le reste est dévié par *réfraction.* De là vient qu'un

bâton plongé obliquement dans l'eau nous semble brisé. Si les étoiles scintillent, c'est que l'air est agité, soit à proximité du sol, soit dans les hautes régions de l'atmosphère, et ne conserve pas constamment la même densité. La déviation augmente avec l'obliquité des rayons et n'est pas la même pour toutes les substances. L'*indice de réfraction* d'un corps est le rapport entre son pouvoir réfringent et celui de l'air.

L'indice de réfraction n'est d'ailleurs pas le même pour toutes les couleurs. Si, par une ouverture étroite, on fait pénétrer dans une chambre obscure un faisceau de lumière blanche, comme celle du soleil ou de l'arc électrique, on vérifie aisément sa direction rectiligne. Mais, si l'on interpose sur son trajet un prisme de cristal à base triangulaire, le faisceau n'est pas seulement dévié, il s'élargit et se décompose en un grand nombre de couleurs très délicatement fondues l'une dans l'autre, par nuances insensibles, où l'œil peut reconnaître, comme dans l'arc-en-ciel, les sept teintes suivantes :

Rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet.

C'est là le *spectre visible* de la lumière blanche. En réalité, notre œil n'aperçoit qu'une faible partie du spectre réel; en deçà du rouge comme au delà du violet, il existe d'autres radiations dont il est facile de mettre les propriétés en évidence. L'*infra-rouge* agit sur le thermomètre, et l'*ultra-violet* impressionne la plaque photographique.

Cette décomposition de la lumière est désignée sous le nom de *dispersion :* dans le spectre visible, le rouge est peu dévié, c'est la couleur la moins *réfrangible,* tandis que le violet subit la plus forte réfraction.

L'écart entre les couleurs varie suivant la nature du prisme, qui peut être plus ou moins *dispersif.*

Lentilles. — Les lentilles sont des rondelles transparentes qui, par la courbure de leurs surfaces, ont la propriété de faire converger ou diverger les rayons lumineux qui les traversent. On peut les considérer comme formées par l'assemblage d'une infinité de petits prismes. Les lentilles convergentes sont plus épaisses au centre que sur les bords, et les lentilles divergentes plus minces au milieu qu'à la périphérie. Suivant la forme de leurs surfaces,

elles se classent en six espèces différentes, représentées en coupe fig. 24.

Lentilles convergentes.	Lentilles divergentes.
A biconvexe.	D biconcave.
B plan-convexe.	E plan-concave.
C ménisque convergent.	F ménisque divergent.

On appelle *axe principal* d'une lentille la ligne droite qui passe par les centres de courbure de ses surfaces sphériques. Si l'une des faces de la lentille est plane, l'axe principal est perpendiculaire à cette surface et passe par le centre de courbure de la surface sphérique.

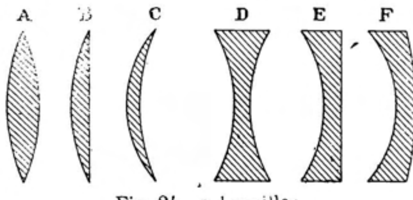


Fig. 24. — Lentilles.

Le *foyer principal* d'une lentille est le point où se coupent les rayons réfractés provenant d'un faisceau incident parallèle à l'axe.

La *distance focale* est la distance du foyer au centre de la lentille. On reconnaît la place qu'occupe le foyer principal d'une lentille convergente en présentant cette lentille aux rayons solaires : la lumière se concentre au foyer en une image plus petite et plus éclatante qu'en tout autre lieu.

L'image qui se forme sur un écran placé dans une chambre obscure, derrière un volet percé d'un petit trou, n'est jamais nette. Les contours des objets sont mal délimités. La raison en est que l'ouverture, si étroite qu'elle soit, offre toujours une certaine surface. Dès lors, le faisceau lumineux issu d'un point quelconque, par exemple A (fig. 23), est un cône qui va dessiner sur l'écran, en A′, non pas un point, mais un cercle dont la largeur dépend de celle de l'ouverture et de la distance de l'écran. Si l'on réduit l'ouverture, outre que l'image s'assombrit, une autre cause de confusion intervient : c'est une déviation des rayons lumineux, connue en physique sous le nom de *diffraction*.

Pour avoir une image brillante, il faut élargir l'ouverture, comme l'avait fait Cardan, et y adapter une lentille convergente. La net-

teté de l'image exige que l'écran se trouve placé à une distance déterminée de la lentille. En deçà comme au delà de cette distance, l'image est confuse et cesse même d'être visible.

Cette distance varie suivant la forme de la lentille et suivant l'éloignement de l'objet dont il s'agit de reproduire l'image.

Quand l'objet est si éloigné qu'on puisse le considérer pratiquement comme se trouvant situé à l'infini, son image se forme au foyer principal et extrêmement rapetissée.

Quand l'objet est séparé de la lentille par une distance égale au double de sa distance focale principale, son image est aussi éloignée du double de cette distance focale et de même grandeur que l'objet.

Quand la distance de l'objet à la lentille est inférieure au double de la distance focale principale, son image est amplifiée et se forme au delà du foyer principal.

Quand la distance de l'objet est supérieure au double de la distance focale, son image est diminuée. Elle diminue d'autant plus que l'objet est plus éloigné, et se forme de plus en plus près du foyer principal. D'ailleurs, au delà d'une certaine distance les changements de position de l'image deviennent imperceptibles et pratiquement négligeables. Cette limite à partir de laquelle le foyer reste invariable est la *distance hyperfocale*. Cette distance est d'autant moindre que l'objectif a une distance focale principale plus courte.

La lentille adaptée à la chambre noire porte le nom d'*objectif*, parce qu'elle est dirigée vers l'objet dont on veut reproduire l'image. A l'époque de la découverte du daguerréotype, cet objectif était encore constitué, comme au seizième siècle, par un simple verre convexe. Une telle lentille ne peut pas donner des images correctes; elle est très loin surtout de satisfaire aux conditions de la photographie, parce qu'elle présente plusieurs défauts ou *aberrations* que nous allons analyser.

Aberration de sphéricité. — Les rayons lumineux qui traversent une lentille convergente simple ne concourent pas tous au même point. Le foyer des rayons passant par le centre est plus éloigné de la lentille que ceux qui passent par ses bords (fig. 25). Il en résulte que l'image d'un point est un cercle plus ou moins

large et diffus, et que les contours des objets se montrent cernés d'une sorte de nébulosité.

Ce défaut, qui résulte de la forme sphérique de la lentille, est atténué par l'interposition d'un *diaphragme,* lame opaque percée d'une ouverture ronde qui ne laisse passer que les rayons centraux et arrête les rayons marginaux. L'image gagne alors en netteté, mais la réduction de l'ouverture diminue la luminosité de l'objectif et nécessite un temps de pose plus long.

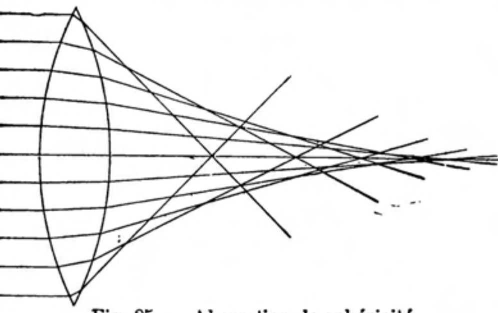


Fig. 25. — Aberration de sphéricité.

Le diaphragme réduit l'aberration sphérique, mais ne la supprime pas entièrement. Pour que l'objectif en soit complètement exempt, il faut le composer de deux lentilles, l'une convexe et l'autre concave. En choisissant convenablement les deux verres, en combinant leurs courbures, on réalise un couple convergent sans aberration sphérique. Les objectifs ainsi constitués sont appelés *aplanétiques* (de ἀ, sans, et πλάνῆτις, [rayon] errant, égaré). Ils donnent à toute ouverture une image nette, mais seulement au centre ; la netteté ne s'étend jusqu'aux bords qu'en interposant un diaphragme.

Profondeur de foyer et profondeur de champ. — Une large lentille convergente ne donne une image nette que si l'écran de mise au point est placé à une distance rigoureusement déterminée. Si on l'avance ou si on le recule, même d'une très faible quantité, l'image devient confuse : l'objectif manque de *profondeur de foyer.* En outre, la même lentille, dirigée vers des objets disposés à des distances différentes, n'en reproduit pas correctement l'ensemble. Si on règle la mise au point sur l'un de ces objets, son image sera nette, mais celle des objets plus rapprochés ou plus éloignés ne le sera pas : l'objectif manque de *profondeur de champ.* Cependant,

ce défaut s'atténue à mesure qu'augmente l'éloignement des objets : au delà d'une certaine limite (distance hyperfocale), l'augmentation de distance ne nécessite plus la modification de la mise au point.

La profondeur est augmentée par l'interposition d'un diaphragme, comme le montre la fig. 26. Les rayons A B, émanés d'un point extérieur traversent une lentille à toute ouverture et viennent converger à son foyer. Si le verre dépoli est exactement en F, l'image du point est nette. L'écran est-il avancé ou reculé, en M ou en N, l'image du point s'élargit et se change en une tache aux bords mal définis, que l'on désigne sous le nom de *cercle de diffusion*.

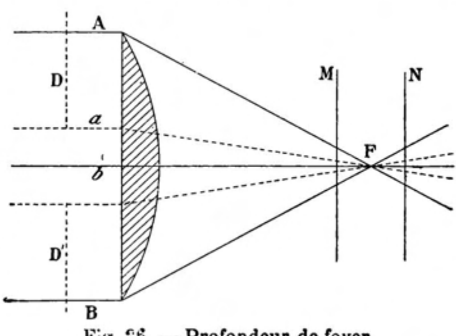


Fig. 26. — Profondeur de foyer.

Interposons maintenant un diaphragme DD', de manière à limiter le faisceau lumineux au tracé en pointillé *ab*. On voit que, pour le même déplacement de l'écran, le cercle de diffusion est beaucoup plus étroit.

La profondeur dépend donc de l'ouverture de l'objectif, mais elle dépend aussi de la longueur du foyer et du degré de netteté qu'il s'agit de réaliser. Dans la photographie ordinaire, le maximum de précision est obtenu quand l'image montre tous les détails que l'œil distingue lui-même. Un œil normalement constitué sépare encore l'un de l'autre, à la distance de 30 centimètres, deux points écartés de 1/10ᵉ de millimètre. Cette limite de visibilité indique le maximum de précision qu'il est inutile de dépasser pour des photographies destinées à être vues à l'œil nu. Il est même rarement nécessaire d'atteindre à cette extrême netteté, et l'on peut dans la plupart des cas se contenter d'une définition moins parfaite, celle par exemple qui correspondrait à la séparation de deux points écartés l'un de l'autre de 1/4 de millimètre et

placés à 30 centimètres de l'œil. Au contraire, pour obtenir des images microscopiques destinées à être observées à l'aide d'un instrument grossissant, il est nécessaire de réaliser une définition beaucoup plus précise. Dans ce cas, il faut faire usage d'objectifs parfaitement corrigés de toute aberration et mettre au point avec le plus grand soin.

Courbure du champ. — Même lorsqu'on a à reproduire une surface plane, comme une carte de géographie, on remarque que l'image fournie par une lentille simple à toute ouverture n'est pas nette sur les bords lorsqu'elle l'est au centre, et réciproquement. Ce défaut est indépendant de l'aberration sphérique : il résulte de la forme de l'écran sur lequel est reçue l'image. Cet écran est une surface plane, tandis que le champ de l'image lenticulaire est courbe. Le diaphragme, en augmentant la profondeur de foyer, obvie à cet inconvénient, mais au détriment de la luminosité. En combinant convenablement différentes lentilles, on arrive à réaliser des objectifs donnant un champ sensiblement plat à grande ouverture.

Distorsion. — Un diaphragme placé en avant de l'objectif occasionne une déformation de l'image, en incurvant ses lignes. Ainsi, deux traits verticaux se trouveront représentés de la façon suivante ( ) : c'est la distorsion en *barillet*.

Si le diaphragme est disposé en arrière de l'objectif, l'incurvation se produit encore, mais dans le sens opposé, de telle sorte que les deux traits verticaux seront ainsi reproduits) (: c'est la distorsion en *croissant*.

On évite cette déformation en intercalant le diaphragme entre deux lentilles symétriques.

Astigmatisme. — Les corrections apportées aux défauts optiques précédents ne suffisent encore pas à donner des images correctes dans toute l'étendue du champ. Ainsi, l'image d'un petit objet rond (une pièce de monnaie par exemple) sera bien ronde si elle est placée d'aplomb et juste en face du centre de l'objectif. Mais, si on la déplace, ou si l'on tourne la chambre noire de façon que l'image ronde se dessine sur les bords du verre dépoli, il sera impossible d'en obtenir une reproduction correcte : elle sera allongée en ovale, dont l'éclairement inégal donnera parfois à la tache

ainsi formée l'aspect d'une queue de comète, d'où le nom de *coma* donné à ce défaut. Comme cette aberration empêche d'obtenir l'image exacte d'un point, elle a reçu le nom d'*astigmatisme* (de ἀ, sans, et στίγμα, point). On appelle *anastigmats* les objectifs qui en sont exempts.

L'astigmatisme a la même origine que l'aberration sphérique; seulement, au lieu d'être produite par les rayons parallèles à l'axe, l'aberration provient ici des faisceaux obliques, dont les rayons réfractés n'ont pas tous leurs foyers en un point commun. Il est donc impossible, avec un objectif non corrigé de l'astigmatisme, d'obtenir une image nette d'un point sensiblement écarté de l'axe optique.

Aberration chromatique ou de réfrangibilité. — Une lentille simple agit comme un prisme : elle dévie les rayons lumineux, mais, comme elle ne les dévie pas tous également, il s'ensuit une dispersion, c'est-à-dire une décomposition de la lumière blanche en ses radiations élémentaires. De là vient que les contours des objets dessinés par une telle lentille sont irisés et que la distance focale varie suivant la couleur du sujet sur lequel on veut régler la mise au point. Parmi les radiations visibles, les rayons rouges ont la plus longue distance focale, et les rayons violets la plus courte. Et, comme les rayons ultra-violets, invisibles à nos yeux, mais très photogéniques, ne forment pas leur image sur le même plan que les rayons jaunes, qui sont pour notre rétine les plus lumineux, une lentille unique donnerait une image confuse là où l'écran nous aurait montré une image nette. Un tel objectif a un *foyer chimique* et ne convient pas à la photographie.

Pour corriger l'aberration chromatique, on accole à la lentille convexe une lentille concave formée d'un verre différent. L'ensemble de ces deux verres forme encore un système convergent; mais, comme le pouvoir dispersif n'est pas proportionnel au pouvoir réfringent, on arrive à compenser la dispersion. L'objectif est alors *achromatique* (de ἀ, sans, et χρῶμα, couleur).

L'achromatisme n'est réalisé le plus souvent que pour deux couleurs : on calcule les courbures des verres de manière à faire coïncider le foyer des rayons jaunes avec celui des rayons violets. Cette correction suffit généralement dans la pratique de la photo-

graphie monochrome; mais, pour la photographie des couleurs, il convient de faire coïncider également avec le foyer des rayons précédents celui des rayons rouges. Les objectifs corrigés de la sorte portent le nom d'*apochromatiques* ou celui d'*antispectroscopiques*.

Dans les appareils à bon marché, l'aberration de réfrangibilité est parfois simplement atténuée par l'interposition d'un diaphragme qui, en augmentant la profondeur de foyer, donne une netteté suffisante aux images provenant de rayons différents. Si la chambre noire est à foyer fixe, ou si la mise au point se fait au juger, d'après une échelle graduée, le constructeur établit le réglage sur le foyer chimique, et non pas sur le foyer optique.

Diffraction. — Le diaphragme offre plusieurs avantages : il remédie à la courbure du champ focal, augmente la profondeur de foyer et la profondeur de champ, atténue l'aberration sphérique, l'aberration chromatique et l'astigmatisme. Ces avantages sont d'autant plus marqués que l'ouverture est plus réduite, mais seulement jusqu'à une certaine limite. En effet, une ouverture trop étroite n'a pas pour seuls inconvénients d'intercepter trop de lumière, de prolonger outre mesure le temps de pose et d'exagérer les contrastes de l'image. Elle en altère aussi la netteté, par un phénomène de *diffraction* (du latin *diffringere*, séparer en rompant).

Il résulte de la nature même de la lumière, constituée par des ondulations rapides, que l'image d'un point fournie par un instrument d'optique, même supposé parfait, n'est pas un point, mais bien une tache plus ou moins large entourée de cercles concentriques. Cet effet de diffraction, invisible quand l'ouverture est suffisamment large, devient de plus en plus apparent lorsqu'on en réduit progressivement le diamètre. Ainsi, si l'on place une lentille devant une chambre noire percée d'un très petit trou et qu'on essaye de mettre au point, on n'obtiendra pas une image sensiblement plus nette que celle que donnait la petite ouverture avant l'interposition du verre convergent.

L'influence de la diffraction est insignifiante, dans les images fournies par les objectifs à bas prix, parce que les aberrations n'y sont qu'imparfaitement corrigées. Dans ce cas, l'emploi du dia-

phragme améliore l'image, en accroît la finesse et étend le champ de netteté.

Mais il n'en est pas de même avec un objectif très soigneusement construit. L'image offre alors son maximum de finesse à la plus grande ouverture, parce qu'elle n'est troublée par aucune aberration. Le seul inconvénient de la grande ouverture est le défaut de profondeur, qui rend parfois la mise au point difficile. Si l'on réduit l'ouverture, en interposant un diaphragme, on augmente la profondeur, mais *au détriment de la netteté,* altérée par la diffraction. Il va sans dire qu'en pareil cas le défaut de netteté n'est que relatif : l'image obtenue dans ces conditions n'en demeure pas moins aussi fine et par ailleurs beaucoup plus parfaite que celle que donnerait, à ouverture égale, un objectif mal corrigé.

Réflexion de la lumière sur les surfaces des lentilles. — Il est facile de vérifier que chacune des deux surfaces d'une lentille réfléchit la lumière, en moindre quantité qu'un miroir, mais suivant les mêmes lois. Il s'ensuit que, lorsqu'un objectif est composé de plusieurs lentilles indépendantes, les réflexions successives qui s'y produisent occasionnent une sorte de voile blanchâtre sur l'image. Et, comme le pouvoir réflecteur de chaque surface augmente avec l'obliquité des faisceaux incidents, ces réflexions sont de plus en plus fortes à mesure que les rayons s'écartent davantage de l'axe, si bien que l'image est beaucoup plus éclairée au centre que sur les bords. Cette inégalité est parfois si apparente que, lorsque l'objectif est dirigé vers un sujet très éclairé, un cercle blanc se dessine au milieu de la plaque.

On évite la tache centrale en combinant convenablement les courbures des lentilles, mais il n'est pas possible de supprimer entièrement la diffusion. De là vient qu'un objectif formé d'une lentille unique ou de lentilles collées ensemble fournit des images plus pures et plus brillantes qu'un objectif composé de plusieurs verres indépendants.

Carac ..istiques d'un objectif. — Les dimensions de l'image que l'objectif donne d'un sujet placé à une distance déterminée, l'étendue qu'il permet d'embrasser et la durée du temps de pose, ne peuvent être déterminées que si l'on connaît trois éléments essentiels : la *longueur focale,* l'*angle* du champ de netteté et l'*ou-*

verture relative utile. Ces éléments sont les principales caractéristiques de l'objectif, et les constructeurs ont soin de les indiquer dans leurs catalogues.

Longueur focale. — En pratique, on appelle longueur focale, ou simplement *foyer* d'un objectif, la distance qui sépare le centre optique du verre dépoli, quand la mise au point est réglée sur un sujet très éloigné, un astre par exemple. Le foyer est compté à partir du *point nodal d'émergence*, considéré comme point de croisement des rayons concourant à la formation de l'image. On admet, pratiquement, que ce point se confond avec le plan du diaphragme, dont il est généralement très voisin, dans les objectifs bien construits.

Certains catalogues substituent à l'indication de la longueur focale celle du *tirage*. Le tirage est la distance, comptée non plus à partir du diaphragme, mais à partir de la rondelle qui fixe l'objectif à la chambre, jusqu'au plan du verre dépoli mis au point sur l'infini.

Il est évident que, plus la longueur focale est grande, plus grande sera l'image d'un objet situé à une distance déterminée. Nous avons déjà vu que, si l'objet se rapproche, le foyer s'éloigne de l'objectif : le tirage augmente.

Ouverture. — Cet élément est très important dans l'évaluation des temps de pose. La rapidité de l'objectif dépend, évidemment, de la quantité de lumière qu'il transmet, mais, pour mesurer sa luminosité, il ne suffit pas de connaître les dimensions absolues de son ouverture : il faut déterminer le rapport existant entre cette ouverture et la longueur focale. En effet, l'ensemble des rayons lumineux transmis par l'objectif forme un faisceau conique : ces rayons se dispersent donc, à mesure que le faisceau s'élargit, en sorte que l'intensité de la lumière par unité de surface diminue à mesure que cette surface s'agrandit, en proportion du carré de la distance focale. C'est pourquoi la rapidité d'un objectif est caractérisée par son ouverture *relative,* calculée en prenant le quotient du foyer par le diamètre d'ouverture *utile.*

On appelle ouverture utile le diamètre, mesuré en avant de l'objectif, du faisceau de rayons parallèle à l'axe qui peut traverser le diaphragme. On appelle ouverture réelle le diamètre même

du diaphragme, mesuré directement. Dans les objectifs où le diaphragme est placé en avant des lentilles, l'ouverture utile est égale à l'ouverture réelle; dans ceux où le diaphragme est placé derrière un système convergent, elle est plus grande.

Cette ouverture est indiquée par les constructeurs, non pas suivant son diamètre absolu, mais suivant le rapport entre ce diamètre et le foyer, désigné, pour abréger, par la lettre F. Ainsi les notations F : 10 ou *f*/10 désignent un objectif admettant la lumière par une ouverture dont le diamètre utile est égal à la dixième partie de la distance focale.

Cette manière d'indiquer l'ouverture est la seule qui permette de comparer avec exactitude la rapidité de plusieurs objectifs de constructions différentes. Toutefois, il convient de tenir compte de légères différences pouvant résulter de la transparence et du polissage des verres, ainsi que des pertes de lumière résultant de la réflexion sur les surfaces des lentilles.

Angle. — Si, du centre optique de l'objectif (supposé coïncider avec le centre du diaphragme), on mène deux lignes droites vers les bords de l'image nette, ces deux lignes forment un angle plus ou moins ouvert, suivant l'étendue du champ net par rapport à la longueur focale. Cet angle varie évidemment, suivant le diaphragme employé, puisque en réduisant l'ouverture on augmente l'étendue de la surface nettement couverte.

Dans la plupart des cas, pour obtenir une photographie donnant la sensation de ce que voit notre œil, le foyer de l'objectif doit être tel que le format de l'épreuve corresponde à un angle voisin de 50° environ. Néanmoins, il est nécessaire que l'objectif ait un angle de netteté plus élevé, afin de laisser à l'opérateur la possibilité de décentrer, si le sujet est placé à un niveau très différent de celui qu'occupe l'appareil.

Si l'angle utilisé est très inférieur à celui de l'angle visuel, l'image paraît plate, avec peu de perspective. Cependant, quand il est nécessaire de reproduire un objet très éloigné, on est obligé d'avoir recours à un objectif à long foyer, correspondant à un angle très faible pour le format adopté.

Si, au contraire, l'angle utilisé est beaucoup plus ouvert que celui de l'angle visuel, la perspective semble exagérée, et l'œil,

embrassant sur l'épreuve plus d'objets qu'il n'en apercevrait simultanément s'il se trouvait en face du modèle, n'éprouve plus l'illusion de la réalité. On ne doit donc se servir d'un objectif à grand angle (ou *grand angulaire*) que lorsqu'on est obligé de reproduire un sujet très étendu devant lequel l'espace manque pour reculer suffisamment l'appareil. Ce cas se présente souvent dans les reproductions de monuments ou d'intérieurs.

Construction de l'objectif. Monture. — Les lentilles sont formées de verres différents, dont les indices de réfraction sont exactement connus, ainsi que leurs pouvoirs dispersifs. Chaque verre est taillé mécaniquement, suivant les courbures que le calcul a déterminées, poli avec le plus grand soin, ajusté et serti dans un *barillet*. Les barillets sont des bagues métalliques dont la surface extérieure est filetée de manière à se visser sur la *monture* proprement dite. La monture est un tube de cuivre bien dressé, sur lequel se vissent, à l'intérieur, les barillets, et, à l'extérieur, une *rondelle* en cuivre percée de trois ou quatre trous dans lesquels sont passées les vis qui fixent l'objectif à la chambre noire. La monture porte également les diaphragmes et le parasoleil, dont la description fera l'objet des deux paragraphes suivants.

Le montage des lentilles exige un outillage de haute précision et un personnel exercé, car si elles ne sont pas parfaitement centrées, elles ne donneront que des images défectueuses. Aussi l'opticien doit-il vérifier minutieusement l'objectif, avant de le livrer.

Diaphragmes. — Le rôle du diaphragme a été expliqué précédemment. Il nous reste à faire connaître les conditions auxquelles il doit satisfaire en pratique. Le diaphragme diminue la luminosité de l'objectif; il a donc l'inconvénient de prolonger la pose et d'exagérer les contrastes de l'image. Par contre, il offre l'avantage d'augmenter la profondeur de foyer et la profondeur de champ. Suivant les circonstances, on a donc intérêt à utiliser la plus grande ouverture de l'objectif, ou, au contraire, à en réduire le diamètre. De là la nécessité d'un dispositif permettant de modifier à volonté la largeur de l'ouverture.

Autrefois, la plupart des objectifs photographiques n'étaient munis que de *diaphragmes à vannes*. Ces diaphragmes (fig. 27) étaient formés de lames de cuivre noirci que l'on glissait dans la

monture, par une fente pratiquée au niveau du centre optique. Chaque objectif était livré avec une série de ces lamelles percées d'ouvertures de diamètres différents et enfermées dans un étui. Sur chaque diaphragme était gravée l'indication de son ouverture. Généralement, cette ouverture se trouvait exprimée par son rapport avec le foyer de l'objectif : $f/10$, $f/16$, etc. Certains constructeurs adoptaient cependant un mode différent de numérotage, rapporté au temps de pose relatif correspondant à l'emploi de chaque diaphragme. Ainsi, le diaphragme d'ouverture utile $f/10$ portant le numéro 1, les diaphragmes plus petits portaient les numéros 2, 4, 8, 16..., ce qui signifiait que, le temps de pose du premier diaphragme étant pris pour unité, l'emploi des diaphragmes suivants exigeait, toutes choses égales d'ailleurs, un temps de pose 2, 4, 8, 16 fois plus long.



Fig. 27.
Diaphragme-vanne.

Les diaphragmes-vannes ont l'inconvénient de s'égarer trop facilement, surtout en excursion; en outre, la substitution d'une lamelle à l'autre fait perdre trop de temps à l'opérateur, dans certains cas où il est indispensable de procéder rapidement. Aussi a-t-on presque complètement renoncé à leur emploi.

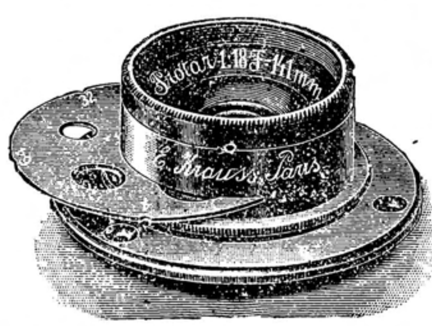
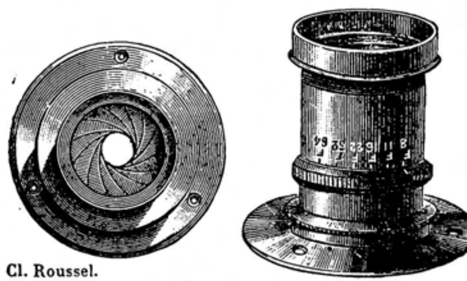


Fig. 28. — Monture à diaphragme rotatif.

Le diaphragme rotatif (fig. 28) est un disque en tôle mince, percé de trois ou quatre ouvertures de diamètres différents. Ce disque tourne autour d'un axe fixé sur la monture, et le centre de chaque ouverture peut être amené devant le centre optique. Le diaphragme rotatif ne présente pas les inconvénients des diaphragmes-vannes; en revanche, à moins de lui donner un diamètre encombrant, il n'offre qu'un nombre trop restreint d'ouvertures différentes. Néanmoins la

faible épaisseur du disque tournant le fait adopter dans la construction de certains objectifs à grand angle, dont les lentilles sont très rapprochées.

La plupart des objectifs actuels sont munis d'un diaphragme à *iris*, ainsi nommé par analogie avec la membrane pupillaire. Cet iris est formé d'un certain nombre de lamelles très minces, en ébonite ou en acier, dont la forme est combinée de telle sorte que, suivant la position qu'on leur fait prendre, elles limitent plus ou moins l'ouverture (fig. 29).



Cl. Roussel.

Fig. 29. — Monture à diaphragme iris.

Le principe de cette disposition est connu depuis le dix-septième siècle : c'est au P. Kircher qu'est due l'invention du « diaphragme-pupille » ou « œil-de-chat ». Il est curieux de remarquer que Nicéphore Niepce l'appliqua à l'objectif qui lui servit à produire les premières images photographiques.

Les lamelles qui constituent l'iris sont toutes reliées entre elles, de manière à se rapprocher ou à s'écarter simultanément, par le jeu d'un petit levier extérieur ou d'une bague moletée entourant la monture. Un index, entraîné par l'organe extérieur mobile, se déplace en regard d'une graduation gravée sur la monture et fait connaître la grandeur relative de l'ouverture intérieure.

Parasoleil. — Il ne faut pas confondre le voile de diffusion et la tache centrale résultant de réflexions successives sur les surfaces des lentilles avec les effets que déterminent parfois les rayons solaires, même quand l'astre est en dehors du champ optique utilisé. Le voile qui en résulte est accru par la multiplicité des lentilles, mais sa cause initiale est la pénétration d'une vive lumière dans la lentille frontale (antérieure au diaphragme). On évite facilement cet accident, en prolongeant la monture de l'objectif au delà de la première lentille. Ce prolongement est désigné sous le

nom de *parasoleil*. Les opticiens ont depuis quelques années une fâcheuse tendance à supprimer cet organe si utile, dans le but de diminuer le plus possible le poids et les dimensions des instruments destinés aux chambres portatives. Quand on se sert d'un objectif ainsi construit, dans des conditions telles que l'action perturbatrice des rayons étrangers au sujet soit à craindre, il est indispensable d'improviser un écran quelconque, ne fût-ce qu'une carte de visite ou même la main, que l'on tiendra au-dessus de l'objectif, pendant la pose.

Classification des objectifs. — Les objectifs photographiques sont classés tantôt d'après le nombre ou la disposition de leurs lentilles, tantôt d'après la manière dont ils sont corrigés des diverses aberrations précédemment analysées, tantôt d'après leur luminosité. Dans le premier cas, on les divise en objectifs simples, doubles (symétriques ou asymétriques), triples, etc. Dans le second, on distingue les objectifs non aplanétiques, les aplanats, les anastigmats, ou bien on établit une distinction entre les instruments rectilinéaires et ceux qui ne sont pas exempts de distorsion. Dans le troisième cas, on répartit les objectifs, suivant leurs ouvertures, en un certain nombre de groupes comprenant, par exemple, l'un les instruments dont le diamètre utile est supérieur à F : 3 ; le second, ceux dont le diamètre est compris entre F : 3 et F : 6 ; le troisième, ceux dont le diamètre est compris entre F : 6 et F : 10 ; le quatrième, ceux dont le diamètre est compris entre F : 10 et F : 16 ; le dernier, ceux dont le diamètre est inférieur à F : 16.

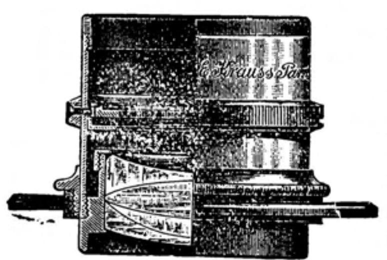
Toutes ces classifications sont nécessairement arbitraires et incomplètes : l'essentiel est de connaître les dispositions et les caractères principaux des combinaisons les plus usitées.

Objectifs simples. — Malgré sa dénomination, l'objectif simple est presque toujours composé d'au moins deux lentilles, quelquefois de trois et même de quatre. Seulement tous ces verres sont collés ensemble (ordinairement au moyen de baume du Canada), de manière à ne former qu'un seul système convergent. Il ne peut pas être utilisé à une très grande ouverture, mais, suffisamment diaphragmé, il fournit des images très fines et très brillantes, la réflexion sur les surfaces des lentilles s'y trouvant réduite au minimum. Les aberrations sphérique et chromatique peuvent y être

parfaitement corrigées, et le champ en est suffisamment étendu; toutefois, si on l'utilise en entier, la distorsion est assez marquée. Aussi cet instrument ne convient-il pas à la reproduction des sujets qui comprennent des lignes droites importantes, comme les édifices photographiés à courte distance. En revanche, c'est l'objectif par excellence pour le paysage, en raison de la pureté et du relief des images qu'il donne.

L'objectif simple ordinaire, composé seulement de deux lentilles, l'une biconvexe et l'autre plan-concave, est un instrument très peu coûteux, mais qui ne peut être employé avec une ouverture supérieure à F : 20, parce qu'il n'est ni aplanétique ni anastigmatique. Aussi ne convient-il guère à la reproduction des scènes animées. Suffisamment diaphragmé, à F : 30 par exemple, il couvre avec une parfaite netteté et une grande profondeur de foyer un plan focal circulaire de 70° à 90°.

La plupart des anastigmats qui seront décrits plus loin peuvent être dédoublés et constituer d'excellents objectifs simples à grande ouverture. La figure 30 représente un instrument de ce genre constitué par une lentille *Protar* à quatre verres collés. Cet objectif donne déjà une image nette avec une ouverture égale à F : 12,5. Le champ utilisable est alors d'au moins 50°; il atteint 85° avec un diaphragme plus petit. Sa grande luminosité rend cet objectif applicable aux instantanés en plein air, ainsi qu'aux groupes et aux portraits. Il n'est pas complètement exempt de distorsion; mais la déformation des lignes n'est sensible que sur les bords, quand le sujet contient des éléments rectilignes très longs.


Fig. 30. — Objectif simple.

Objectif double à portraits. — Inventé en 1841 par Petzval, cet instrument (fig. 31) se compose : 1° d'un système convergent formé d'une lentille biconvexe et d'une lentille plan-concave collées ensemble; 2° d'un ménisque concave et d'une lentille biconvexe séparés par un faible intervalle. Ces deux couples sont montés aux

extrémités d'un tube au milieu duquel est placé le diaphragme. Cet objectif n'est exempt ni de distorsion ni d'astigmatisme, et sa profondeur de foyer est très faible; mais sa luminosité est remarquable, car il peut fonctionner à F : 3 et même avec une ouverture plus grande, F : 2,3. Cette propriété l'a fait longtemps préférer à tout autre, pour le portrait à l'atelier. On l'utilise d'ailleurs encore en raison des qualités toutes particulières de douceur et d'enveloppement qu'il donne au modelé.

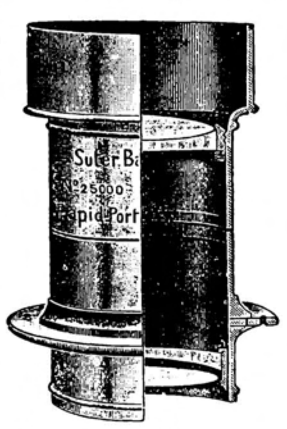
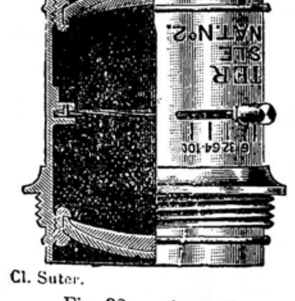


Fig. 31. — Objectif à portraits.

On s'en sert aussi pour les agrandissements et la projection. Il faut alors le retourner, car il n'est pas symétrique, de façon que la lentille achromatique frontale se trouve placée du côté de l'écran de projection, et les deux lentilles indépendantes tournées vers le petit cliché ou vers le diapositif.

Aplanat. — Cet objectif, qui porte aussi le nom de *rectilinéaire*, a été inventé en 1866 par A. Steinheil. Il se compose (fig. 32) de deux ménisques convergents symétriques entre lesquels est disposé le diaphragme. Chacun de ces éléments est formé de deux verres, ordinairement un flint très lourd collé à un flint léger constituant un ensemble achromatique.



Cl. Suter.

Fig. 32. — Aplanat.

Bien construit, l'aplanat est complètement exempt de distorsion, et la lumière réfléchie par les surfaces de ses lentilles ne détermine qu'une très faible diffusion. Il est corrigé de l'aberration sphérique; c'est d'ailleurs son aplanétisme qui lui a valu son nom. Il peut donc fonctionner à une assez grande ouverture (F : 6 à F : 9, suivant les formats), seulement le champ de netteté est alors assez res-

treint, et l'image manque d'homogénéité. Si des objets placés à diverses distances se trouvent régulièrement distribués dans le champ, l'image est, au centre, nette pour les plus éloignés et confuse pour les plus rapprochés, tandis que sur les bords, elle se trouve nette pour les seconds et confuse pour les premiers. En diaphragmant, l'image devient plus homogène, et la netteté s'étend sur une surface plus grande.

L'angle normalement embrassé par l'aplanat suffisamment diaphragmé est d'environ 45°. On construit cependant des aplanats *grands angulaires* ou *panoramiques,* dont l'angle atteint 90° et même 100°. Les deux ménisques sont alors très rapprochés du diaphragme, et la plus grande ouverture utilisable n'est guère que que de F : 15. Ces instruments sont donc très lents.

L'aplanat étant symétrique, il n'est pas nécessaire de le retourner, pour l'agrandissement ou la projection.

Si l'on dévisse le ménisque frontal, on a un objectif simple dont la longueur focale est deux fois plus grande que celle de l'aplanat complet. Les dimensions de l'image sont donc doublées, seulement elle n'est plus exempte de distorsion, et la netteté n'en est suffisante, même au centre, qu'en diaphragmant.

L'aplanat est resté pendant longtemps le meilleur de tous les objectifs. Il n'a été dépassé que par les anastigmats, et, comme ces derniers sont beaucoup plus chers, c'est encore la combinaison la plus répandue. Les opticiens l'ont d'ailleurs amélioré, au cours des dernières années, en utilisant dans sa construction des verres analogues à ceux des anastigmats, plus transparents que les matières primitivement employées.

Anastigmats. — Aucun des objectifs précédemment décrits ne peut donner, à toute ouverture, une image nette jusqu'aux bords : la cause en est due à l'astigmatisme, et le seul moyen que l'on connaissait autrefois de le combattre était de diaphragmer. La netteté s'étendait alors sur toute l'étendue de l'image, mais au détriment de la rapidité. La netteté ainsi réalisée n'était d'ailleurs que relative, puisqu'une ouverture trop étroite donne naissance à des phénomènes de diffraction, surtout apparents dans les petites images destinées à l'agrandissement. C'est donc un très important progrès que d'avoir réussi à éviter l'astigmatisme à toute ouverture.

Dès 1840, Petzval avait établi que, si l'on parvenait à fabriquer certains verres spéciaux, combinés de manière à pouvoir faire varier le pouvoir réfringent indépendamment du pouvoir dispersif, on arriverait à corriger l'astigmatisme des rayons très écartés de l'axe principal. Les formules de Petzval étaient restées considérées comme inapplicables, jusqu'en 1889. A cette époque, la verrerie Schott, à Iéna, réussit à préparer les verres nécessaires, et Carl Zeiss, exécutant les formules calculées par Abbe et Rudolph, construisit les premiers anastigmats.

Ces instruments ont donné lieu à de nombreux travaux. Chaque maison d'optique en a fabriqué plusieurs modèles, dont chacun répond à des exigences particulières. Leur principal avantage est de donner, à grande ouverture, une image d'une extrême finesse, sur un champ très étendu. L'anastigmat serait certainement l'objectif universel, si le prix n'en demeurait pas très élevé, malgré la concurrence qui s'est établie entre les fabriques rivales.

A ces indications générales, il convient d'ajouter la mention de quelques particularités caractéristiques des anastigmats les plus remarquables.

Le *Planar,* de Zeiss, construit en France par E. Krauss, est formé (fig. 33) de deux couples composés chacun d'une lentille convergente simple et d'une lentille achromatique séparées par une lame d'air. Son ouverture maximum est comprise, suivant les numéros, entre F : 3,6 et F : 7. Le champ utile embrasse 62°. C'est un instrument très remarquable par le degré de perfection qu'y atteint la correction des aberrations. convient tout particulièrement aux portraits, qu'il exécute avec un très beau modelé. Sa grande luminosité permet d'obtenir des instantanés rapides dans l'atelier. Il est aussi tout indiqué dans la cinématographie et autres applications aux

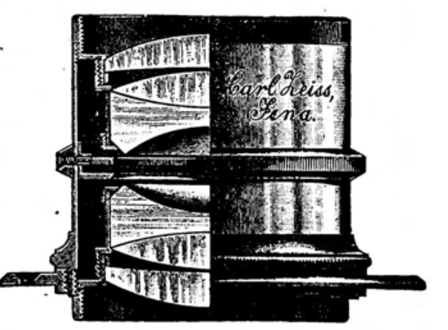


Fig. 33. — Planar.

mouvements les plus animés. Son excellente correction le classe au premier rang des objectifs pour reproductions et pour fortes réductions ou microphotographie.

La profondeur de champ est faible, à toute ouverture. On l'augmente, comme toujours, en diaphragmant, mais au détriment de la rapidité et de la *finesse,* contrairement à ce qu'on observe dans les objectifs à bon marché, où le diaphragme accroît la netteté. Il faut, en effet, se rappeler que deux causes limitent la finesse de l'image : les aberrations et la diffraction. Quand les premières ne sont qu'imparfaitement corrigées, leur influence est prépondérante, et la réduction de l'ouverture améliore la définition. Mais, quand elles sont presque complètement éliminées, comme dans le *Planar,* on ne remarque plus que l'influence de la diffraction, qui augmente à mesure que diminue le diamètre du diaphragme.

On ne peut reprocher au *Planar* que d'ê relativement lourd et d'un prix très élevé.

Le *Tessar,* calculé par le Dr P. Rudolph, est dissymétrique (fig. 34), et, comme les éléments doubles dont il est formé ne sont pas corrigés isolément d'une façon complète, il ne faut pas les employer seuls. Les deux lentilles d'avant, un crown lourd plan-convexe et un flint léger biconcave, sont séparées par une lame d'air. Les lentilles d'arrière, un flint biconcave et un crown lourd au baryum biconvexe, sont collées ensemble. L'image est très fine et très homogène, dans un angle d'environ 55°.

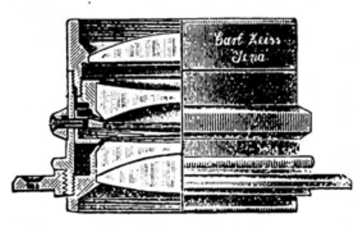


Fig. 34. — Tessar.

Le constructeur a établi quatre séries de cet instrument. Leurs plus grandes ouvertures sont respectivement de F : 10; F : 6,3; F : 4,5 et F : 3,5.

Le *Tessar f :* 6,3 est caractérisé par l'extrême finesse de l'image et la régularité de la netteté et de l'éclairage sur toute l'étendue du champ. Sa luminosité est suffisante dans la plupart des cas et le rend applicable à la reproduction instantanée des scènes de genre. Les images obtenues à toute ouverture sont assez parfaites pour

subir des agrandissements considérables. Le diaphragme augmente un peu le champ de netteté, mais n'accroît pas la finesse, et son principal rôle est de donner une plus grande profondeur de champ.

Le *Tessar* *f* : 3,5 est spécialement étudié pour réaliser une extrême rapidité. Sa luminosité égale celles des meilleures combinaisons de Petzval, avec cet avantage que, l'astigmatisme étant corrigé pour un champ de 35°, l'image se trouve plus homogène. Cet objectif convient au portrait, à l'exécution des vues cinématographiques, au reportage, à la documentation photographique dans les circonstances les plus variées.

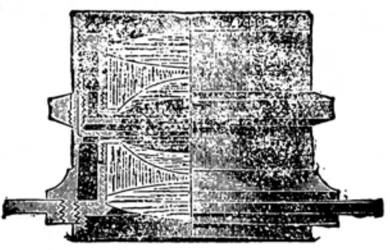


Fig. 35. — Dagor.

Le *Dagor,* de Goerz (fig. 35), est un anastigmat symétrique dont chaque couple est formé de trois lentilles collées. A pleine ouverture (F : 6,8), l'image est d'une netteté parfaite dans un champ d'environ 70°. En diaphragmant, le champ atteint 90°. Les aberrations sont bien corrigées, et toute réflexion nuisible évitée. On obtient ainsi, sans réduire l'ouverture, des images vigoureuses, nettes et brillantes. La luminosité de l'instrument permet d'exécuter des instantanés très rapides.

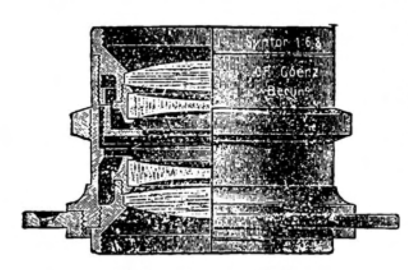


Fig. 36 — Syntor.

Sa construction symétrique permet de le dédoubler. En dévissant le barillet antérieur, on utilise les lentilles d'arrière, qui constituent un excellent objectif à paysages, dont la distance focale est environ le double de celle de l'objectif complet.

Le *Syntor* (fig. 36) est symétrique, comme le précédent, et sa plus grande ouverture est également de F : 6,8. Seulement, il ne contient que quatre lentilles non collées. Quoique d'un prix moins élevé, il est soigneusement corrigé et donne des images brillantes.

très nettes, sans distorsion ni astigmatisme. Toutefois, le champ de netteté est seulement de 64° à toute ouverture; il s'étend jusqu'à 70° avec un petit diaphragme.

Fig. 37. — Celor.

Le *Celor* (fig. 37) est destiné aux instantanés rapides, même dans des conditions d'éclairage défavorables. Son emploi est tout indiqué pour les travaux à l'atelier et dans les intérieurs. Il se compose de deux systèmes symétriques, formés chacun d'une lentille biconvexe et d'une lentille biconcave séparées par une couche d'air. Ces lentilles étant très minces, la perte de lumière par absorption est peu sensible. La plus grande ouverture utilisable est F : 4,5. La planéité anastigmatique est assurée sous un angle d'environ 70°.

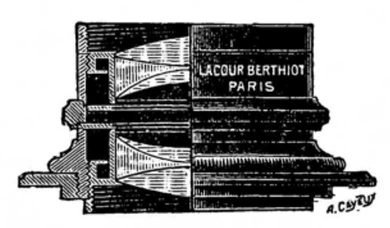
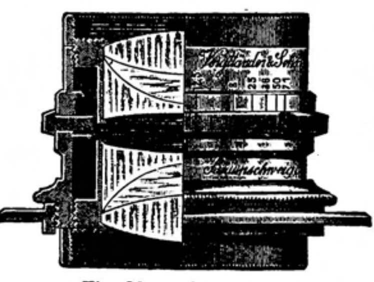


Fig. 38. — Eurygraphe.

On peut enlever le couple antérieur et utiliser les lentilles d'arrière avec un petit diaphragme.

Les *Eurygraphes* (fig. 38) de Lacour-Berthiot, et les *Collinéaires* (fig. 39) de Voigtländer sont des anastigmats symétriques à lentilles collées. La plus grande ouverture de ces objectifs varie, suivant les séries établies par les constructeurs, entre F : 4 et F : 7. Ce sont d'excellents instruments, très soigneusement construits et donnant, sans diaphragme, des images très fines, nettes jusqu'aux bords et d'une homogénéité irréprochable.


Fig. 39. — Collinéaire.

L'*Hélıar* (fig. 40), construit par Voigtländer d'après les calculs du Dr Harting, est asymétrique et ne peut pas être dédoublé. Il est

composé de 5 lentilles, dont 4 collées deux à deux. A sa plus grande ouverture (F : 4,5), l'angle de champ est de 45°.

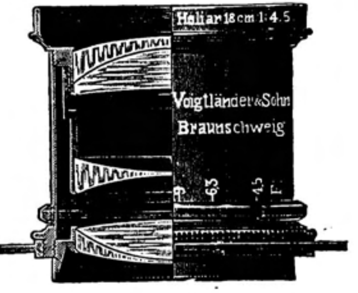


Fig. 40. — Héliar.

Quoique d'une construction beaucoup plus simple, puisqu'ils ne contiennent que trois lentilles non collées, les objectifs *Cooke* (fig. 41) ne le cèdent en rien aux instruments plus compliqués. La lentille du milieu, biconcave, est en flint; les deux autres, plan-convexes, sont en crown. Le diaphragme est placé entre le second et le troisième verre. La plus grande ouverture est F : 6,5. La surface focale est remarquablement plane. En réduisant le diaphragme, l'image gagne rapidement en pureté, en finesse et en étendue.

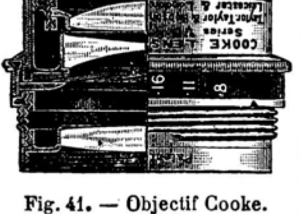
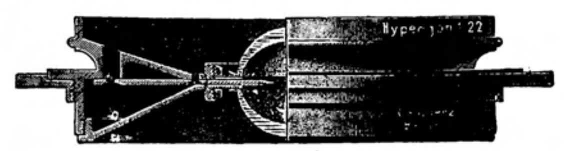


Fig. 41. — Objectif Cooke.

La plupart des anastigmats ont un champ très étendu, lorsqu'ils sont suffisamment diaphragmés. Ce sont, en fait, des objectifs grands angulaires. Néanmoins, on construit des instruments spéciaux dont le foyer est exceptionnellement court, relativement à l'étendue du champ.

Tel est l'*Hypergone*, de Goerz (fig. 42 et 43), construit en 1900. Cet objectif, symétrique, se compose de deux lentilles simples très minces, demi-sphériques. Il n'est


Fig. 42. — Hypergone.

donc corrigé ni de l'aberration sphérique ni de l'aberration chromatique. Cependant, en raison de son ouverture très réduite (F :

22), ces aberrations n'amoindrissent pas la netteté de l'image. Le but du constructeur était d'obtenir une planéité anastigmatique suffisante sous un angle maximum. En fait, cet instrument donne une image nette dont le diamètre est 5 fois plus grand que sa distance focale, ce qui correspond à un angle d'environ 140°.



Fig. 43. — Hypergone. (Vue de face.)

Quand cet angle est entièrement utilisé, l'image est beaucoup plus brillante au centre que sur les bords. Pour remédier à cette inégalité d'éclairement, un diaphragme étoilé est placé devant la lentille frontale (fig. 43). Ce diaphragme est mis en rotation pendant la pose à l'aide d'une petite turbine à air actionnée en pressant une poire de caoutchouc. Si l'on exécute un travail qui n'exige pas un angle supérieur à 110°, le diaphragme étoilé devient inutile, et on peut le rabattre en avant de l'instrument : à cet effet, le mécanisme rotatif est porté par une lame *m* reliée à la monture par la charnière *a*. L'ouverture est réglée par le diaphragme intercalé entre les deux lentilles et dont le déplacement est commandé par le bouton extérieur *b*.



Fig. 44. — Périgraphe.

Il existe d'autres objectifs panoramiques dont l'angle est un peu moins ouvert, mais qui donnent des images homogènes sans qu'il soit nécessaire de recourir à des dispositifs compliqués. Le *Périgraphe* de Lacour-Berthiot

(fig. 44) embrasse un angle de 90° à 100°, et la régularité de l'éclairage est parfaite dans toute l'étendue du champ utilisé.

Objectifs à liquides. — Certains liquides, comme l'huile de cèdre et le monobromonaphtalène, étant très réfringents, mais très peu dispersifs, il était naturel de songer à utiliser ces propriétés dans la construction de certains instruments d'optique. Cette idée est d'ailleurs très ancienne, car, bien avant l'invention de la photographie, en 1745, l'Académie royale des sciences faisait fabriquer une lentille formée de deux verres bombés de 4 pieds de diamètre séparés par un intervalle de 6 pouces rempli d'alcool. Euler, en 1762, essayait une lentille à eau. D'autres employaient le chlorure d'antimoine, le sulfure de carbone, etc.

Les premiers objectifs à liquides destinés à la photographie sont dus à Scott Archer (1858) et à Th. Sutton (1860). Divers inconvénients pratiques en firent rejeter l'emploi.

En 1901, le Dr Grün imaginait une disposition qui permet de donner à l'objectif une luminosité exceptionnelle. L'inventeur avait trouvé un liquide dont la composition est tenue secrète et qui offre cette particularité de posséder un pouvoir de réfraction très élevé et un pouvoir dispersif pratiquement nul. En remplissant de ce liquide l'intervalle existant entre deux ménisques achromatiques, les concavités se trouvent de fait supprimées en ce qui concerne la réfraction, quoique conservées au point de vue de la dispersion. On diminue ainsi la longueur focale, en conservant la même ouverture, sans trop altérer la correction d'achromatisme et sans augmenter sensiblement l'aberration de sphéricité. Grün est ainsi parvenu à réaliser un objectif dont l'ouverture atteignait F/0,5. Toutefois, cet instrument présentait divers défauts, notamment une courbure de champ excessive. Aussi a-t-on limité à F/1,3 la plus grande ouverture des objectifs destinés au commerce. La disposition primitive, dans laquelle le liquide remplissait tout l'objectif, avait le double inconvénient d'alourdir l'instrument et d'empêcher les changements de diaphragmes. Un nouveau modèle, construit par Dallmeyer, forme un objectif symétrique dont chaque extrémité comporte un ménisque divergent liquide, compris entre un crown biconvexe et un ménisque divergent de flint.

Téléobjectifs. — L'image qu'un objectif ordinaire donne des objets éloignés est très petite. On pourrait l'obtenir plus grande en se servant de lentilles à très long foyer, mais l'appareil aurait alors des dimensions excessives. Quand on a à photographier un sujet dont il n'est pas possible de s'approcher pour en avoir une reproduction à l'échelle voulue, le mieux est d'amplifier l'image fournie par une lentille à court foyer ou par un objectif ordinaire.

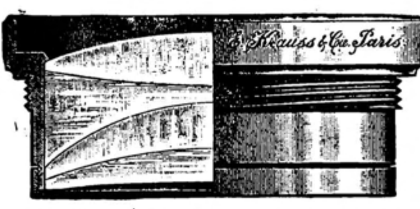


Fig. 45. — Élément positif de téléobjectif.

Cette amplification s'obtient soit en plaçant un système convergent au delà du foyer de l'objectif, soit en plaçant un système divergent en deçà du foyer. Dans le premier cas, l'image renversée par l'objectif est redressée par la seconde lentille; dans le second, elle reste renversée, mais, comme cette combinaison réduit la distance focale, c'est celle qu'ont adoptée les constructeurs de téléobjectifs.

On appelle *élément positif* la lentille convergente (fig. 45), et *élément négatif,* ou *amplificatrice,* la lentille divergente (fig. 46). Chacune de ces lentilles doit être achromatique et corrigée des diverses aberrations. Les barillets qui les portent se vissent aux extrémités d'une monture disposée de manière à permettre le rapprochement des deux éléments. L'amplification obtenue varie, en effet, suivant la distance qui sépare les deux lentilles.



Fig. 46. — Amplificatrice.

L'élément positif est souvent remplacé par un objectif ordinaire adapté au tube qui contient la lentille négative.

Objectifs anachromatiques. — Pour réaliser certains effets artistiques, on se sert quelquefois d'objectifs dans lesquels ont été systématiquement conservées les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité. On obtient ainsi des images volontairement imprécises. Sur le portrait, les tares de la peau, les rides ou les petites taches de rousseur s'atténuent ou même disparaissent, sans qu'il

soit nécessaire de retoucher la photographie. Dans le paysage, les formes s'estompent, les lointains sont noyés dans un flou vaporeux qui accentue la perspective aérienne.

Une simple lentille convexe, un verre de besicle, peut être employé à cet effet. Les opticiens ont cependant combiné des objectifs à deux ou plusieurs lentilles, dont les aberrations n'ont été corrigées que dans une certaine mesure. L'*Adjustable landscape lens* de Pulligny est particulièrement commode, en ce qu'il permet de faire varier les dimensions de l'image suivant l'écartement des lentilles. Il est composé, comme le téléobjectif, d'un élément convergent et d'un élément divergent; seulement, l'un et l'autre sont des verres simples, en crown, de même distance focale (10 millimètres pour le format 18×24). La frontale est plan-convexe, l'amplificatrice est plan-concave, et les deux faces planes sont tournées l'une vers l'autre. En faisant varier leur écartement de 25 à 15 millimètres, la distance focale passe de 40 à 65 centimètres. Deux diaphragmes iris placés l'un en avant et l'autre en arrière servent à graduer la netteté. La plus grande ouverture n'étant que de 2 centimètres, l'instrument n'est pas très rapide, mais permet cependant d'exécuter les instantanés lents.

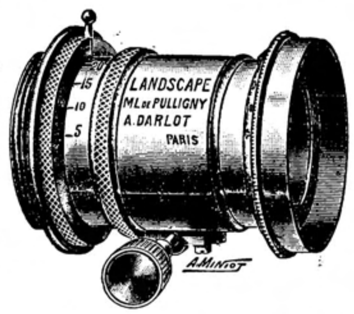


Fig. 47. — Adjustable lansdcape lens.

Les lentilles n'étant pas achromatiques ont un foyer chimique, et l'image, nette sur le verre dépoli, ne l'est plus sur le cliché. On y remédie en rectifiant la mise au point, d'après un index gravé sur la monture (fig. 47).

L'*Eidoscope* d'Hermagis est parfaitement corrigé de l'aberration chromatique, mais conserve un résidu d'aberration sphérique ; de telle sorte que, sans calculs, ni repères, ni tâtonnements, l'opérateur peut apprécier, sur le verre dépoli, le degré de netteté qu'aura le cliché et réaliser, par une mise au point plus ou moins exacte, le degré de définition qui convient à l'effet qu'il s'agit d'obtenir. Employé à sa plus grande ouverture (F : 5), c'est un instrument

rapide et dont les résultats sont très appréciés des artistes, surtout quand il s'applique aux portraits limités à la figure (études de tête).

Choix et emploi des objectifs. — Malgré tous les progrès réalisés dans l'optique pendant ces dernières années, il a été impossible de construire un objectif susceptible d'être appliqué à tous les travaux. Des lois physiques s'y opposent. Ainsi, une grande luminosité est incompatible avec un large champ et une grande profondeur de netteté.

Il est donc nécessaire de choisir l'objectif suivant le but qu'on se propose. Pour le portrait à l'atelier, la luminosité a le pas sur l'étendue du champ et sur la profondeur. On donnera donc la préférence aux instruments à grande ouverture, comme le *Planar* et autres anastigmats fonctionnant à environ F/4 ou l'objectif double de Petzval.

Pour les instantanés rapides, les vues cinématographiques par exemple, bien que la profondeur de foyer soit un avantage précieux, il sera quelquefois nécessaire de la sacrifier aux nécessités de l'éclairage. On s'en tiendra donc encore, dans ce cas, aux instruments rapides, et les anastigmats seuls donneront ici une image nette dans toute l'étendue du champ. L'aplanat serait trop lent, et l'objectif de Petzval insuffisamment corrigé.

Pour les instantanés à faible vitesse, pour les groupes et le portrait en plein air, l'aplanat suffit parfaitement, mais l'anastigmat lui est préférable.

Le paysage est supérieurement rendu par l'objectif simple, la distorsion et la faible luminosité n'ayant là aucune importance et se trouvant plus que compensées par l'éclat et la pureté de l'image exempte de diffusion par lumière réfléchie sur les surfaces des lentilles. Toutefois, si la vue est très étendue, s'il faut reproduire un panorama, il faudra recourir à un objectif grand angulaire, aplanétique ou anastigmatique.

Dans les reproductions de tableaux, l'aplanat à grand angle rend de bons services. Mais, lorsqu'il est nécessaire de rendre les détails les plus fins d'une gravure, notamment d'une carte de géographie, il faut recourir à un instrument de haut rendement, où les aberrations soient parfaitement corrigées jusqu'aux bords, même à grande ouverture, afin d'éviter l'épaississement des traits

qu'occasionne la diffraction. Dans ce cas, l'emploi de l'anastigmat s'impose.

Les applications des téléobjectifs et des instruments anachromatiques ont déjà été indiquées. Il est donc inutile d'y revenir.

Ce qui précède montre que le photographe doit posséder au moins deux objectifs et même davantage, s'il le peut, car l'instrument à tout faire n'existe pas. Même l'amateur qui limite ses travaux à une seule application, le paysage généralement, se trouverait souvent dans l'impossibilité de reproduire dans des conditions satisfaisantes un sujet dont il ne pourrait pas s'approcher ou s'éloigner à volonté, s'il ne disposait que d'un objectif à foyer unique. Le téléobjectif et l'*Adjustable landscape lens* offrent déjà plus de ressources, puisqu'ils sont combinés de manière à donner des images de dimensions variables ; seulement le premier ne s'applique qu'aux sujets éloignés, et le second présente des aberrations qui en restreignent l'emploi.

C'est pour obvier à ces inconvénients que les opticiens combinent des *trousses* (fig. 48) contenant plusieurs lentilles de foyers différents s'adaptant à une même monture.

Quel que soit le type d'objectif que l'on ait à choisir, il est indispensable de le vérifier attentivement, avant d'en faire l'acquisition. En s'adressant directement à une maison réputée ou à un intermédiaire sûr, on n'aura aucune déconvenue, et c'est surtout des instruments achetés d'occasion qu'il faut se méfier, ainsi que des contrefaçons qui ne sont pas signées ou qui portent le nom d'un opticien inconnu.

On devra s'assurer que les lentilles sont bien serties dans leurs barillets et ceux-ci normalement vissés dans la monture. On vérifiera le degré de poli des surfaces et la transparence des verres. Certaines lentilles sont légèrement colorées : dans la photographie monochrome, il n'en résulte qu'une augmentation du temps de pose ; mais, pour la reproduction des couleurs, de tels verres doivent être absolument rejetés, car la moindre coloration suffit à fausser entièrement le coloris.

Reste la question des bulles d'air qui subsistent parfois dans l'épaisseur du verre. Ces bulles s'observent rarement dans les objectifs des anciens types (simples, aplanats, doubles de Petzval),

mais on en voit souvent dans les anastigmats, bien que ces instruments soient beaucoup plus coûteux, et les fabricants n'acceptent généralement point de réclamation de ce chef, car il est impossible d'éviter ces défauts dans la préparation des verres spéciaux qu'exigent les nouveaux objectifs. Ces bulles n'ont d'ailleurs aucune



Fig. 48. — Trousse.

influence nuisible sur la perfection des images, et la perte de lumière qui en résulte (1/5000) est pratiquement négligeable.

On se figure souvent que la partie optique d'un objectif est la seule importante : c'est une erreur. Les lentilles les plus parfaites ne donnent qu'un mauvais résultat si elles ne sont pas adaptées à une monture soigneusement établie. La partie mécanique d'un

objectif est aussi capitale que sa partie optique, et il faut bien se dire que, le plus souvent, la légèreté d'une monture n'est obtenue qu'aux dépens de sa solidité et de sa précision.

De même, parallèlement à l'augmentation de la luminosité de l'objectif doivent croître les conditions de précision indispensables aux chambres noires destinées à le recevoir. Si le plan du verre dépoli n'est pas rigoureusement perpendiculaire à l'axe optique, ou si la surface sensible ne coïncide pas exactement avec l'écran de mise au point, il est tout à fait inutile d'employer un objectif de grande valeur : l'image ne serait pas meilleure que celle qu'aurait donnée un instrument à bas prix.

Il arrive aussi, fréquemment, que des déboires sont occasionnés par un centrage défectueux des lentilles sur un *obturateur central* (V. chapitre III).

L'appareil doit donc aller de pair avec l'objectif, et, à cet égard un instrument de la valeur du *Tessar* ou du *Celor*, par exemple, ne saurait trouver sa place que sur un appareil permettant d'en utiliser toutes les qualités optiques.

Les objectifs doivent être conservés à l'abri de la lumière et de l'humidité. Il ne faut pas les laisser dans un laboratoire où des vapeurs acides risqueraient d'attaquer non seulement la monture en métal, mais même le verre, dont le poli s'altérerait, à la longue. L'action de la chaleur est également à éviter, car le baume qui sert à coller les lentilles se ramollit à une température peu élevée.

Il est bon de nettoyer de temps à autre les surfaces libres des lentilles et d'en enlever les poussières. On dévissera les barillets avec précaution, afin de ne pas fausser la monture, puis on passera un blaireau fin sur les verres, que l'on essuiera ensuite doucement avec un morceau de toile très fine, sec ou très légèrement imbibé de benzine pure.

Sténopé. — L'objectif à lentilles est parfois remplacé par une simple lame opaque percée d'une petite ouverture ou *sténopé* (de στενός, étroit, et ὀπή, trou). En 1855, Berry avait reproduit un paysage à l'aide de ce dispositif simplifié, et plus tard Emerson obtenait par le même moyen des épreuves sur collodion. On a vu, au début de ce chapitre, que l'image ainsi réalisée n'est jamais bien nette. En outre, l'exiguïté de l'ouverture nécessite une pose très

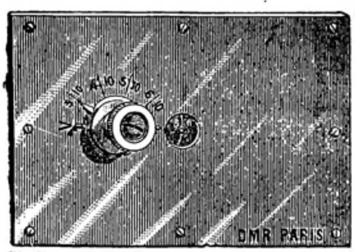
longue. Néanmoins, il est des cas où le sténopé offre de réels avantages.

D'abord, si l'objectif ordinaire vient à se briser, au cours d'une excursion, l'opérateur a la ressource d'y suppléer en fixant sur la monture une plaquette métallique ou même une carte de visite percée à l'aide d'une épingle. L'image sera floue, mais très douce, et l'on préférera souvent une reproduction légèrement confuse à l'absence complète de tout document.

En second lieu, si l'image laisse à désirer au point de vue de la netteté, elle est parfaite sous tous les autres rapports; elle ne présente ni aberration de sphéricité, ni aberration chromatique, ni distorsion, et la profondeur de foyer est illimitée.

Enfin, il peut arriver que les objectifs dont on dispose n'embrassent pas un angle assez ouvert. Dans ce cas, il suffit d'avancer la plaque très près de la petite ouverture pour avoir une image panoramique très étendue et sans déformation.

Le sténopé permet, en effet, d'avoir une image, quel que soit le tirage de la chambre. On a donc la faculté de régler les dimensions de l'image, en faisant varier la distance focale. Toutefois, l'image n'offre pas dans toutes les positions le même degré de netteté. Pour chaque dimension de l'ouverture, il existe une distance focale correspondant au maximum de définition et au delà comme en deçà de laquelle la netteté diminue.



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 49. — Sténopé à ouvertures variables.

Le tableau ci-contre offre quelques exemples de cette relation.

Le sténopé représenté fig. 49 se compose d'une plaque en métal derrière laquelle tourne un disque mû par un bouton qui entraîne en même temps un index sur une graduation. Le disque mobile est percé de cinq ouvertures, dont l'une, assez large, sert de viseur, et les quatre autres, de 3/10, 4/10, 5/10 et 6/10 de millimètre de diamètre, sont utilisées suivant le tirage que l'on veut donner à la chambre noire. Chaque ouverture est conique, très évasée, et

les parois en sont noircies de manière à éviter les réflexions de lumière qui voileraient l'image.

DIAMÈTRE DE L'OUVERTURE	DISTANCE DE LA SURFACE SENSIBLE A L'OUVERTURE
0,2 millimètres.	5 centimètres.
0,3 —	11 —
0,4 —	20 —
0,5 —	30 —
0,6 —	44 —
0,7 —	61 —
0,8 —	80 —
0,9 —	100 —
1 —	123 —

OUVRAGES A CONSULTER

R. Colson, *la Photographie sans objectif au moyen d'une petite ouverture*, Paris (Gauthier-Villars), 1891.

T.-R. Dallmeyer, *le Téléobjectif et la Téléphotographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1903.

J.-M. Eder, *Die photographischen Objektive, ihre Eigenschaften und Prüfung*, Halle a/S (W. Knapp), 2e édition.

Houdaille (capitaine), *Sur une méthode d'essai scientifique et pratique des objectifs photographiques et des instruments d'optique*, Paris (Gauthier-Villars), 1894.

Ad. Martin, *Détermination des courbures de l'objectif grand angulaire pour vues*, Paris (Gauthier-Villars), 1892.

Ad. Martin, *Méthode directe pour la détermination des courbures des objectifs de photographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1894.

G. Ménétrat, *Etude élémentaire de l'objectif, des chambres et des obturateurs*, Paris (Ch. Mendel), 1906.

Ad. Miethe, *Optique photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1896.

P. Moessard, *l'Optique photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.

P. Moessard, *l'Objectif photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.

P. Moessard, *Etude des lentilles et des objectifs photographiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1889.

L. Rouyer, *Manuel pratique de photographie sans objectif*, Paris (Gauthier-Villars), 1904.

A. Soret, *Optique photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1891.

E. Wallon, *Traité élémentaire de l'objectif photographique,* Paris (Gauthier-Villars), 1891.

E. Wallon, *Choix et usage des objectifs photographiques,* 2e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1903.

G.-H. Niewenglowski, *la Photographie artistique par les objectifs anachromatiques,* Paris (Ch. Mendel), 1907.

G.-H. Niewenglowski, *la Photographie artistique par la sténopé-photographie,* Paris (Ch. Mendel), 1906.

H. Quentin, *Du choix d'un objectif,* Paris (Ch. Mendel), 1906.

H. Quentin, *la Téléphotographie,* Paris (Ch. Mendel), 1906.

L. de Pulligny et C. Puyo, *les Objectifs d'artiste,* Paris (édition du *Photo-Club*), 1905.

CHAPITRE III

L'OBTURATEUR

Notions générales. — Quand le sujet à photographier est immobile et peu éclairé, la lumière qui en émane est admise sur la plaque sensible pendant plusieurs secondes, parfois même pendant des minutes et des heures entières. L'ouverture et la fermeture de l'objectif s'effectuent dans ce cas comme on le faisait dans les premiers temps de la photographie. L'objectif est muni d'un couvercle ou *bouchon,* généralement en carton recouvert de cuir et doublé de velours à l'intérieur, de manière à s'adapter à la monture par un frottement très doux, sans ébranler l'appareil. Après la mise au point, on ferme l'objectif, puis on met le châssis en place, et l'on tire le volet, pour démasquer la surface sensible. On ôte alors le bouchon avec précaution et en évitant tout mouvement brusque qui risquerait d'occasionner des vibrations, et l'on compte le temps que l'on a jugé convenable pour la pose. On remet ensuite le bouchon sur l'objectif, et on referme le châssis.

Mais il n'est pas toujours possible d'opérer de la sorte. D'abord, si le sujet se déplace, même très lentement, ou si son éclairement est assez vif pour qu'il soit nécessaire de réduire le temps de pose à une fraction de seconde, il faut s'y prendre autrement. Un opérateur adroit arrive à exécuter la manœuvre du bouchon en 1/4 de seconde, mais là est la limite extrême de rapidité qu'il soit possible d'atteindre; encore faut-il concentrer toute son attention sur l'objectif et s'abstenir de regarder le modèle.

Même si la pose est de plusieurs secondes, le bouchon ne suffit plus lorsqu'il est indispensable d'observer le sujet. Il en est ainsi, notamment, pour le portrait : l'opérateur doit regarder la personne qui pose, épier le moment favorable et découvrir l'objectif, sans perdre un seul instant. Si, la pose une fois commencée, le modèle

vient à bouger, ou si son expression se modifie, il importe de refermer immédiatement l'objectif, alors même que le temps de pose ne serait pas encore entièrement écoulé. On peut, en effet, remédier à une légère insuffisance de pose, tandis qu'en laissant l'objectif ouvert dans les circonstances qui viennent d'être définies, on aboutirait à un échec certain.

De là la nécessité d'instruments combinés de manière à ouvrir et à fermer l'objectif plus ou moins rapidement suivant les cas, sans que l'attention du photographe soit détournée du sujet à reproduire. Tel est le rôle des *obturateurs*. Il en existe une foule de modèles, dont la description serait trop longue et d'ailleurs inutile, car tous les mécanismes proposés depuis plus de trente ans dérivent d'un nombre très restreint de types principaux, dont il nous suffira de signaler les dispositions essentielles, les menus détails de leurs mécanismes ne présentant qu'un intérêt trop limité.

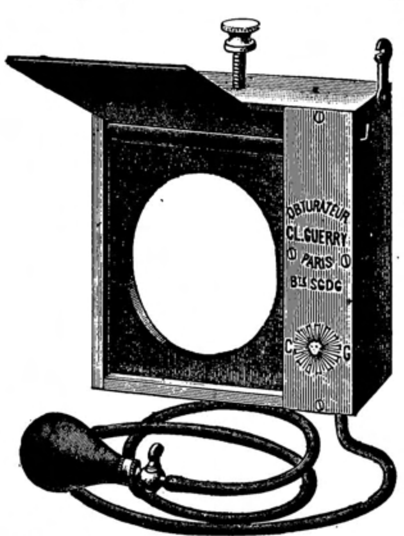


Fig. 50. — Obturateur à volet simple.

Obturateurs à volets. — Pour le portrait à l'atelier, un obturateur assez ancien (son invention remonte à 1879), mais d'un fonctionnement irréprochable, est celui de Cl. Guerry (fig. 50). On le fixe sur l'objectif au moyen d'une vis de serrage. Un volet très léger, constitué par un cadre recouvert de velours, intercepte la lumière. Ce volet est monté sur un axe dont la rotation est commandée par un soufflet de caoutchouc. A ce soufflet est adapté un tuyau aboutissant à une poire élastique. Quand on presse la poire, le volet s'ouvre, sans bruit et sans secousse. L'opérateur n'a pas besoin de regarder l'appareil; rien ne l'empêche de s'en éloigner autant qu'il le juge nécessaire : le tuyau a ordi-

nairement 2 mètres de longueur, mais il n'y a aucun inconvénient à y ajouter une rallonge. La poire est munie d'un robinet qui permet de maintenir l'obturateur ouvert pendant la mise au point. Dans le même but, l'axe auquel est fixé le volet se termine par une tige coudée à laquelle peut s'adapter un crochet qui l'immobilise.

Cet obturateur est quelquefois placé à l'arrière de l'objectif, à l'intérieur de la chambre noire. On peut alors l'ouvrir sans éveiller l'attention du modèle.

L'extrême simplicité de son mécanisme le met à l'abri des accidents. Il ne saurait y avoir aucun raté.

L'obturateur à volet simple ne convient pas aux poses dont la durée est inférieure à 1/5 de seconde. Pour les poses plus courtes, M. Guerry construit un obturateur à deux volets dont l'un ouvre l'objectif tandis que l'autre le ferme (fig. 51). La rapidité de l'obturation dépend de la pression que l'on donne à la poire. Si la pose doit être très réduite, la simple pression ne réaliserait pas une vitesse suffisante. Il faut alors serrer d'une main le tuyau de caoutchouc, de manière à empêcher l'air d'y passer, et, de l'autre main, serrer fortement la poire. En desserrant brusquement le tuyau, l'air qui s'y trouvait comprimé se détend vivement et communique une rapide impulsion aux volets.

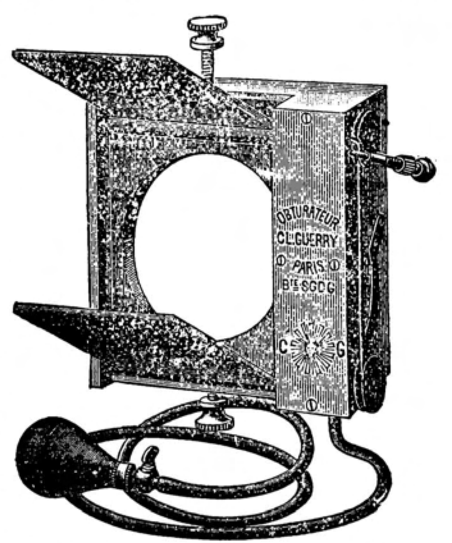


Fig. 51. — Obturateur à double volet.

Obturateur à guillotine. — A l'époque des débuts de la photographie instantanée, on ne connaissait qu'un obturateur très simple : une planchette percée d'une lucarne glissait dans un cadre à coulisses adapté à l'objectif. En laissant tomber en chute libre

cette planchette, ou *guillotine*, le temps de pose était d'environ 1/10 de seconde, mais variait sensiblement selon le poids et les dimensions de l'organe mobile et selon les frottements qu'il avait à subir. La vitesse d'obturation pouvait être accrue, soit en suspendant à la guillotine un poids additionnel, soit en y attachant un ressort. Le déclanchement était déterminé en poussant un déclic qui retenait la planchette au sommet de sa course ou en pressant une poire élastique comprimant l'air dans une poche ou *tétine* de caoutchouc dont le gonflement faisait mouvoir la détente.

La guillotine en bois est actuellement abandonnée, parce qu'elle était trop encombrante, mais beaucoup d'appareils à main sont munis d'un obturateur qui n'est pas autre chose qu'une petite guillotine à lamelles de métal. Comme l'instrument est appelé à fonctionner dans diverses positions, le mouvement de l'organe mobile n'est jamais déterminé par son propre poids, mais bien par un ressort dont on modifie à volonté la tension pour régler la vitesse d'obturation.

Les obturateurs *à rideaux* (obturateurs d'objectifs et obturateurs de plaques) que nous allons décrire dérivent d'ailleurs de la guillotine. Ils n'en diffèrent que par la substitution d'une bande d'étoffe souple à la planchette rigide.

Obturateurs à rideaux. — L'organe essentiel de l'obturateur à rideau est une bande d'étoffe opaque, percée, vers le milieu de sa longueur, d'une ouverture dont la largeur égale celle de l'objectif. Cette bande est fixée par chacune de ses extrémités à des rouleaux autour desquels elle vient s'enrouler. L'un de ces rouleaux porte un ressort analogue à celui des stores de voitures. Quand la bande est roulée sur l'autre rouleau, il suffit de presser un déclic pour que le rouleau à ressort tourne rapidement : la bande vient s'y enrouler, et, au moment où son ouverture passe devant l'objectif, la lumière y pénètre. L'enroulement continuant, la seconde partie opaque du rideau referme l'objectif.

Le modèle représenté fig. 52 est construit par Thornton-Pickard. Une toile flexible, imperméable à la lumière, s'enroule autour de deux axes. Au milieu du rideau est pratiquée une ouverture carrée. Le rouleau inférieur contient un ressort en fil d'acier dont la

tension peut être réglée à l'aide du bouton extérieur S de façon à faire varier la vitesse d'obturation.

Pour armer l'obturateur, on tire un cordon enroulé autour d'une poulie dont l'axe se termine par un pignon qui engrène avec une roue dentée maintenue immobile par le levier de détente. Quand on comprime la boule de caoutchouc, la tétine placée sous le levier se gonfle et écarte le crochet qui retenait la roue dentée. Le rideau se met alors en mouvement et s'enroule sur le rouleau à ressort, soit en totalité, soit seulement jusqu'à la moitié de sa course, suivant que l'aiguille qui termine le levier se trouve en face du mot *inst* ou du mot *time*. Dans le premier cas, le fonctionnement de la détente dégage complètement la roue dentée, et rien n'arrête le mouvement du rideau, jusqu'à ce que l'objectif, un instant découvert, soit de nouveau protégé par l'extrémité opaque. Dans le second cas, au moment où l'objectif est ouvert, un ergot qui fait saillie sur la roue dentée vient buter contre le crochet que porte le levier de déclanchement, et le mouvement se trouve arrêté jusqu'à ce que l'on cesse de comprimer la poire : l'enroulement se termine alors aussitôt, et l'objectif est recouvert après le temps de pose qu'a déterminé l'opérateur. Cet objectif peut être fixé soit à l'avant de l'objectif, soit à l'arrière.

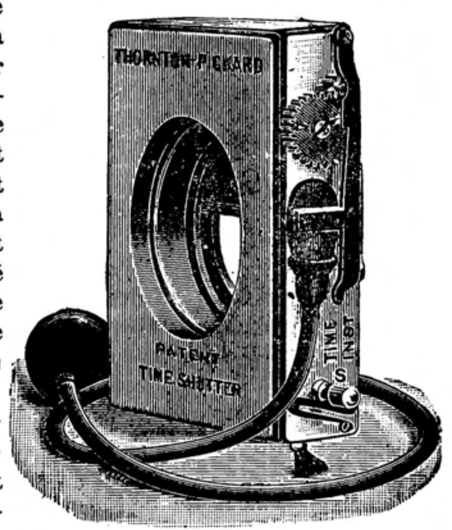


Fig. 52. — Obturateur à rideau.

Le même constructeur a imaginé une disposition toute différente, spécialement destinée à l'atelier (fig. 53). Deux rideaux s'enroulent sur des axes disposés aux deux extrémités de la boîte. Dans leur position normale, des ressorts les maintiennent tendus

devant l'ouverture. Quand on presse la poire de caoutchouc, le gonflement du soufflet placé sur la boîte déplace un levier qui entraîne un cordon enroulé sur les deux axes. Ce mouvement a pour effet de faire enrouler les rideaux, qui s'écartent l'un de l'autre et démasquent l'ouverture. Dès qu'on cesse de presser, les rideaux se referment, sous l'action des ressorts. La durée de la pose est donc variable, au gré de l'opérateur, de sorte que si le sujet se montre sur le point de remuer, il n'y a qu'à lâcher brusquement la poire. Le fonctionnement du mécanisme est absolument silencieux et ne peut éveiller l'attention du modèle, avantage très important quand il s'agit de photographier des enfants ou des animaux.

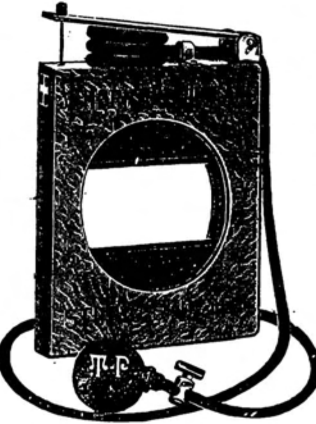


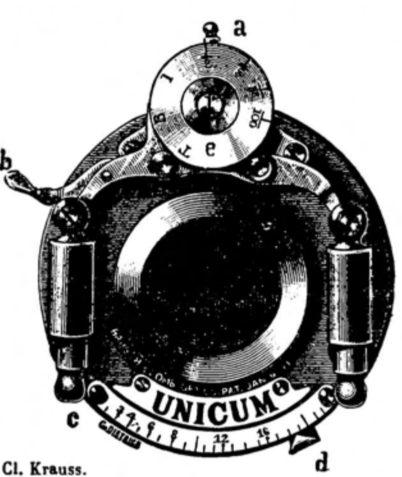
Fig. 53. — Obturateur d'atelier à double rideau.

Pour mettre au point, on presse la poire et l'on ferme le robinet.

Obturateurs centraux. — Pour réduire au minimum le volume et le poids de l'obturateur, on a imaginé de le placer au centre de l'objectif, tout près du diaphragme. Dans ce cas, il faut changer la monture et s'assurer, en ajustant les lentilles, qu'elles occupent bien leurs positions respectives et qu'elles sont exactement centrées, de la même manière que sur leur monture normale. Sans cette précaution, le meilleur objectif cesserait de donner des images correctes. L'obturateur central est le complément indispensable de la plupart des appareils portatifs. Il en existe plusieurs modèles, tous composés des mêmes organes essentiels et différenciés seulement par quelq ues détails de construction. Deux ou plusieurs lames métalliques montées sur pivots ou sur glissières interceptent la lumière. Sous l'impulsion d'un ressort, elles s'écartent, de manière à ouvrir l'objectif, puis le referment. Le déclanchement du mécanisme est déterminé soit par la pression d'un levier, soit par le gonflement d'une tétine reliée à une poire de caoutchouc. Pour faire varier la vitesse, suivant les circons-

tances, on tend plus ou moins le ressort, ou bien on ralentit le mouvement en réglant un frein mécanique ou pneumatique.

L'obturateur central *Unicum,* de Bausch et Lomb, est combiné pour la pose et pour l'instantané, suivant la position de l'index *a* sur le cadran *e* (fig. 54). Pour mettre au point, on ouvre l'objectif en déplaçant le levier de droite. Pour déclancher, on pousse le levier *b*, ou bien on presse une poire de caoutchouc communiquant avec le piston *c*. Le réglage du diaphragme iris est commandé par l'aiguille *d*. On peut *armer* cet obturateur, c'est-à-dire placer ses lamelles dans leur position de départ, sans que l'objectif soit ouvert. Rien n'empêche, par conséquent, d'effectuer cette manœuvre alors que la plaque ou la pellicule est déjà démasquée.



Cl. Krauss.

Fig. 54. — Obturateur central.

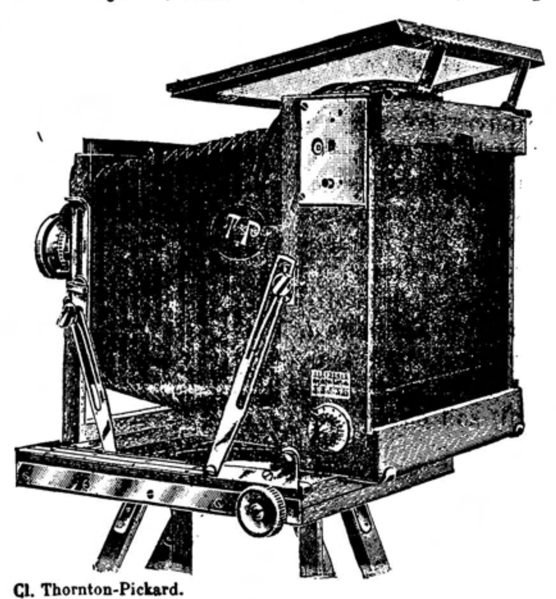
L'obturateur *Koïlos* (fig. 55) s'ouvre et se ferme par le jeu combiné de trois secteurs métalliques très légers. Il fait, à volonté, la pose et l'instantané, suivant la position de l'indicateur de vitesse, que l'on aperçoit à gauche. La vitesse de l'obturation dite instantanée varie de 1 seconde jusqu'à 1/300 de seconde. Le déclanchement s'effectue soit mécaniquement, soit par la pression d'une poire de caoutchouc.

Cl. Lacour-Berthiot.

Fig. 55. — Obturateur à secteurs.

Obturateurs de plaques. — Les obturateurs précédents ne suf-

fisent plus quand la pose doit être inférieure à 1/300 de seconde. Dans ce cas, il y a avantage à remplacer l'obturateur d'objectif par l'obturateur de plaque ou *focal plane*. C'est un rideau fonctionnant de la même manière que celui que nous avons déjà décrit, mais de beaucoup plus grandes dimensions, puisqu'il est placé, non plus sur l'objectif, mais devant le châssis, tout près de la



Cl. Thornton-Pickard.

Fig. 56. — Obturateur de plaque.

plaque. De plus, son ouverture se réduit à une fente très étroite. La largeur de cette fente est d'ailleurs réglable dans la plupart des modèles.

La fig. 56 représente le *focal plane* de Thornton-Pickard. Il est facile d'y reconnaître les principales dispositions de l'obturateur d'objectif à rideau du même constructeur.

L'avantage de l'obturateur de plaque est d'admettre le maximum de lumière avec le minimum de pose. Tandis que l'obturateur d'objectif expose en même temps toute la surface de la plaque,

le *focal plane* n'admet la lumière que peu à peu, par la fente qui balaye successivement tous les points de la surface sensible. En rétrécissant suffisamment la fente, on arrive à réduire à 1/1000 de seconde, et même à moins encore, le temps d'exposition.

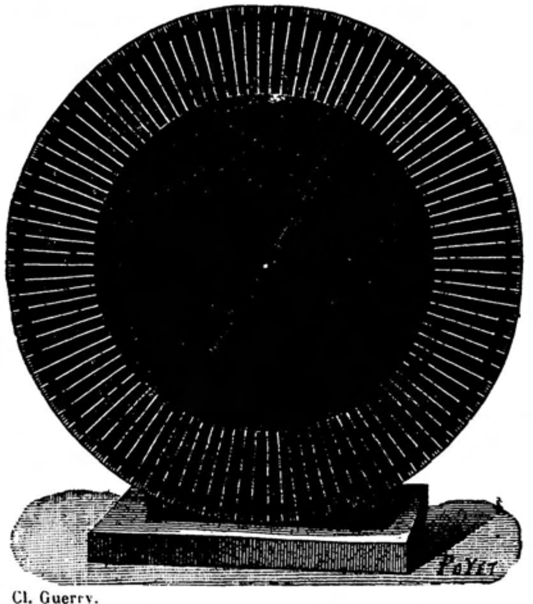
Bien entendu, il ne s'agit là que du temps pendant lequel chaque point de l'image est impressionné. En réalité, la durée totale du fonctionnement du rideau est beaucoup plus longue. La partie inférieure de la plaque n'est pas impressionnée en même temps que sa partie supérieure, et, si le sujet se déplace très rapidement, il peut en résulter une déformation générale, bien que chacun de ses points soit parfaitement net. Ainsi, les mâts, supposés parfaitement verticaux, d'un navire passant par le travers devant l'appareil, se montreront plus ou moins obliques. Néanmoins, en pratique, cette déformation est presque toujours insignifiante; on la rend d'ailleurs facilement insensible en disposant l'obturateur de telle sorte que la fente se déplace en sens contraire de l'objet en mouvement.

Déclancheur Bowden. — Le déclanchement pneumatique des obturateurs présente un inconvénient : le caoutchouc perd peu à peu son élasticité, durcit et se fendille, surtout quand on ne s'en sert que de loin en loin, ce qui est précisément le cas pour beaucoup d'amateurs. La poire, le tuyau et la tétine ne tardent donc pas à être mis hors d'usage. On n'y remédie qu'imparfaitement par des immersions dans l'ammoniaque additionnée de deux fois son poids d'eau, où le caoutchouc reprend en partie sa souplesse. Quant aux déchirures, on les répare à l'aide d'une solution de caoutchouc dans la benzine.

C'est pour éviter les inconvénients inhérents à l'emploi du caoutchouc qu'a été créé le déclancheur Bowden. L'opérateur tient en main une poussette dont le mouvement est transmis au déclic de l'obturateur par l'intermédiaire d'un fil d'acier glissant à l'intérieur d'un cordon souple constitué par un autre fil d'acier enroulé en spirale et recouvert d'une gaine en fil de coton ou de soie tressée.

Détermination de la vitesse des obturateurs. — Il est nécessaire, dans certains cas, de connaître exactement le temps de pose. Les

vitesses marquées sur les obturateurs sont quelquefois de simples numéros d'ordre; le plus souvent, cependant, elles sont indiquées en fractions de seconde; mais, à supposer que cette graduation ait été juste au moment de la fabrication, elle cesse inévitablement de l'être tôt ou tard, par suite de l'usure des pièces mobiles et de



Cl. Guerry.

Fig. 57. — Appareil Guerry, pour la détermination de la vitesse des obturateurs.

l'élasticité imparfaite des ressorts, qui se détendent peu à peu. Pour contrôler ou vérifier ces vitesses, il existe divers moyens. Le plus précis est celui qui consiste à photographier un objet brillant animé d'une vitesse connue, en même temps que s'inscrit sur un rouleau une courbe sinueuse tracée par un diapason électrique dont le nombre de vibrations par seconde est constant et d'ailleurs indiqué par le son qu'il émet. Ce dispositif est néanmoins peu usité, parce qu'il est compliqué. Une méthode plus simple et suffisante dans

la pratique a été signalée par Léon Vidal dès 1880 et se trouve encore employée par plusieurs constructeurs d'obturateurs.

Un fort mécanisme d'horlogerie imprime à une aiguille ronde et polie (fig. 57) un mouvement uniforme de 1 tour par seconde. Le cadran devant lequel se meut l'aiguille a 1 mètre de circonférence; il est noir et porte en blanc les divisions décimales du mètre : décimètres, centimètres et millimètres. Si l'on photographie cet appareil en plein soleil, l'aiguille, malgré sa grande vitesse, laissera sur la plaque sensible, grâce à la vive lumière qu'elle réfléchit, la trace de son passage, sous la forme d'un double éventail, en face des divisions. Les limites de cet éventail font connaître la durée de la pose, par la simple lecture des graduations qui s'y trouvent comprises : les décimètres du cadran correspondent à des dixièmes de seconde, les centimètres à des centièmes, et les millimètres à des millièmes de seconde. Dans la gravure ci-jointe, l'aiguille indique une durée d'exposition de 9/100 de seconde.

OUVRAGES A CONSULTER

AGLE, *Manuel pratique de photographie instantanée,* 2e tirage, Paris (Gauthier-Villars), 1891.

J. DEMARÇAY, *Théorie mathématique des guillotines et obturateurs centraux droits,* Paris (Gauthier-Villars), 1892.

J. DEMARÇAY, *Note sur la théorie des obturateurs photographiques,* Paris (Gauthier-Villars), 1906.

A. LONDE, *la Photographie instantanée, théorique et pratique,* 3e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1897.

G. MÉNÉTRAT, *Etude élémentaire de l'objectif, des chambres et des obturateurs,* Paris (Ch. Mendel), 1906.

H. WURTZ, *les Obturateurs, achat, essai, usage,* Paris (H. Desforges), 1906.

CHAPITRE IV

LE LABORATOIRE ET L'ATELIER

Dispositions générales. — Les manipulations photographiques sont bien simplifiées, depuis quelques années. Autrefois, le photographe était obligé de préparer soi-même ses plaques, de les nettoyer, les polir, les recouvrir du substratum (albumine ou collodion) destiné à retenir le sel d'argent, et enfin de les sensibiliser; il devait également sensibiliser le papier. Aujourd'hui, il n'en va plus de même, et, sauf dans certaines industries où l'on utilise le collodion, on se sert de plaques vendues prêtes à l'emploi. La plupart des papiers sont livrés de même. Les procédés en sont arrivés à ce point que l'amateur peut réellement se passer de toute installation et travailler comme le peintre, en plein jour, dans un salon. Néanmoins, pour le photographe professionnel et même pour l'amateur désireux d'utiliser toutes les ressources de l'art photographique, une installation spéciale reste encore nécessaire.

Bien qu'une seule pièce suffise, à la rigueur, il vaut mieux disposer de deux pièces contiguës, l'une pour les travaux qui doivent être exécutés en pleine lumière, et l'autre réservée aux opérations qui exigent l'obscurité. La première peut être disposée au gré de chacun, mais la seconde doit satisfaire à certaines conditions que nous allons analyser.

Cabinet noir. — Les plaques photographiques sont actuellement si sensibles que tout accès de lumière blanche dans le laboratoire suffirait à les mettre en un instant hors d'usage. Il faut donc que toutes les ouvertures soient bouchées avec soin. Les moindres fissures, aperçues dans les encadrements des portes, les trous des serrures doivent être recouverts de papier noir ou, ce qui est préférable, d'étoffe épaisse. On garnira également d'étoffe les bords du battant de la porte, de façon que le jour ne puisse s'introduire ni

par les côtés, ni par les reflets venus du sol. L'entrée de certains laboratoires est précédée d'un tambour à deux portes disposées de telle sorte que l'une ne puisse s'ouvrir sans que l'autre soit fermée. La lumière destinée à l'éclairage du laboratoire sera transmise par des écrans en verre ou en papier fortement colorés. La nuance doit en être choisie avec soin parmi celles qui impressionnent le moins le bromure d'argent. C'est le rouge-rubis qui est le plus fréquemment utilisé. Néanmoins, comme on emploie dans certains cas des plaques sensibles aux radiations rouges, le verre rubis est alors remplacé par un verre vert.

Bien que les verres colorés dans la masse préservent bien les plaques ordinaires des radiations photochimiques, on les remplace assez souvent, surtout quand il s'agit de manipuler des plaques spéciales très sensibles, par des verres blancs recouverts d'une feuille de papier ou d'une couche de gélatine imprégnée d'une solution colorante. La préparation de ces écrans est très simple. Le Dr Luigi Castellani trempe le papier dans :

Alcool méthylique....................................	1.000 cc.
Auramine OMP....................................	5 gr.
Solution alcoolique de safranine à 0,5 pour 100............	10 cc.

La feuille colorée dans cette solution est doublée d'un verre dépoli ou d'un papier blanc.

MM. A. et L. Lumière conseillent d'imprégner un papier pelure d'une solution aqueuse de tartrazine à 6 pour 100.

M. Stein recommande de débarrasser de leur sel d'argent deux plaques au gélatinobromure en les traitant par l'hyposulfite de soude. Après lavages, on colore les couches de gélatine, l'une par une solution de tartrazine et l'autre par une solution de violet de méthyle. Après dessiccation, les deux plaques sont appliquées l'une contre l'autre, les deux couches de gélatine en contact.

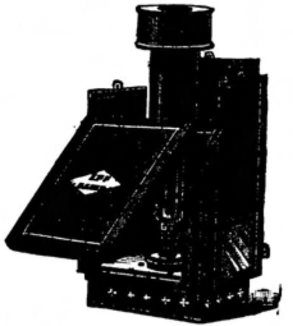
L'écran coloré ne laisse passer que les radiations inactiniques fournies par la source de lumière, naturelle ou artificielle. Autrefois, on utilisait de préférence la lumière du jour : la fenêtre du laboratoire était garnie de verres colorés et recevait ainsi l'éclairage de l'extérieur. Cet éclairage étant très variable, on s'en tient généralement aujourd'hui aux sources de lumière artificielle, et les

écrans colorés sont ajustés sur des lanternes disposées de manière à recevoir soit une bougie, soit une lampe à huile ou au pétrole, soit un bec de gaz, soit une ampoule électrique. La lampe à incandescence brillant sans combustion peut être placée dans une lanterne complètement close; on fabrique même des ampoules à verre rouge, ce qui dispense de la lanterne, seulement elles sont assez chères, et il y a avantage, au point de vue économique, à se servir des ampoules ordinaires à verre blanc, qui sont très peu coûteuses et qu'il suffit d'enfermer dans une lanterne ou dans un manchon de verre rouge (fig. 58), ou même dans un sac d'étoffe rouge translucide.



Fig. 58. — Lampe électrique et manchon en verre rouge.

Les lanternes destinées à recevoir des luminaires à combustion (fig. 59) sont percées d'orifices destinés à laisser circuler l'air et le gaz carbonique. Mais, pour éviter toute infiltration de lumière blanche, ces ouvertures sont *à chicanes,* c'est-à-dire que l'air et les gaz ne les franchissent qu'en faisant un détour dans des conduits coudés et peints en noir, de façon qu'il n'en sorte point d'autre lumière que celle qui est transmise par les verres colorés (fig. 60). Les lanternes de laboratoire bien comprises sont combinées de manière à donner, à volonté, la lumière rouge, verte ou blanche, et l'intensité en est réglable au moyen d'une clef extérieure.


Cl. Poulenc.
Fig. 59. — Lanterne de laboratoire.

La combustion du produit éclairant, ainsi que le calfeutrage de toutes les issues, exige que l'on veille à la ventilation du cabinet noir, car, si cette pièce est exiguë et si l'opérateur doit y séjourner assez longtemps, il y risque, sinon l'asphyxie complète, du moins des malaises et des troubles sérieux. D'ailleurs, pendant l'été, on est exposé à s'y trouver suffoqué par la

chaleur, qui a aussi pour inconvénient de ramollir la gélatine et d'abîmer les plaques et les papiers sensibles. S'il n'y a pas de cheminée dans le laboratoire, il sera bon d'y installer une ouverture à chicanes, laissant circuler l'air tout en interceptant la lumière extérieure.

On doit aussi se préoccuper du chauffage pendant l'hiver, car certains réactifs, et notamment les révélateurs, agissent mal à basse température. Il faut, bien entendu, un mode de chauffage excluant toute flamme visible : bouches de calorifère, radiateur à vapeur, eau chaude ou électricité.

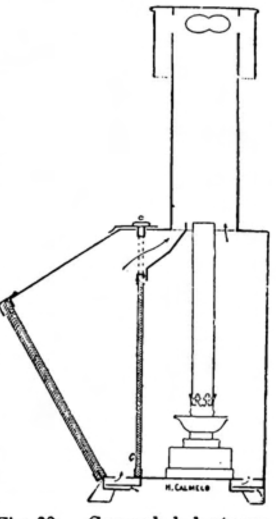


Fig. 60. — Coupe de la lanterne de laboratoire.

Un élément essentiel de l'installation du photographe, c'est l'eau, qu'il doit toujours avoir en abondance. Il y faut donc un robinet alimenté par une caisse d'assez grande contenance, ainsi qu'un évier (en ardoise de préférence) pour la vidange des bains et des eaux de lavage. Si l'on a la faculté de choisir entre plusieurs eaux de provenances différentes, on choisira la moins calcaire et la plus limpide. L'eau trouble sera filtrée ou décantée. L'eau distillée est presque toujours inutile, bien que son emploi figure dans un grand nombre de formules : toute eau bonne à boire convient à la plupart des opérations photographiques. Le robinet sera disposé de façon à recevoir une pomme d'arrosoir pour le lavage des clichés.

Une ou deux tablettes, des étagères, une armoire où seront rangés l'outillage et les produits chimiques, compléteront l'aménagement du laboratoire (fig. 61).

Outillage. — L'outillage du photographe varie suivant les travaux qu'il se propose d'exécuter et les procédés où il veut se spécialiser. La plupart des accessoires nécessaires seront décrits à mesure que nous aurons à en signaler l'application aux procédés dans lesquels ils sont utilisés. S'il fallait les décrire ici, il serait indispensable de donner au préalable des explications qui seront

mieux à leur place dans les chapitres suivants. Nous nous bornerons donc à énumérer les principaux objets dont l'emploi est commun à la plupart des procédés usuels :

Balance, thermomètre avec graduation gravée sur la tige, aréomètres (pèse-alcool et pèse-sirops), éprouvettes et verres gradués, agitateurs en verre, cuiller en verre ou en corne, blaireau à épousseter, diamant à couper le verre, bocaux, flacons bouchés à l'émeri ou à bouchon de liège paraffiné, pinces en bois, pointes à

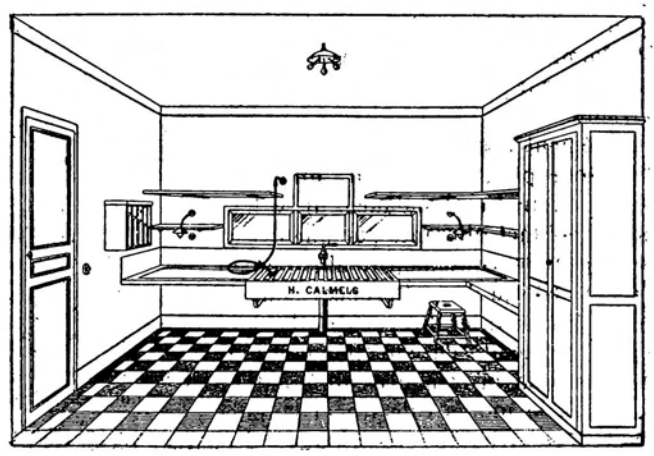


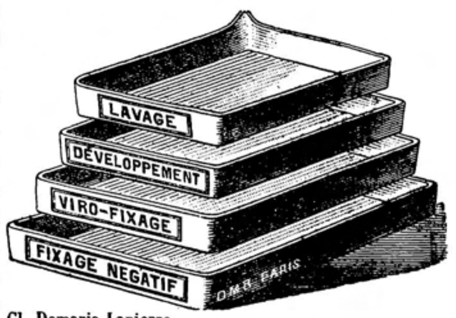
Fig. 61. — Laboratoire.

tête de verre, etc., tous objets trop connus de tous pour qu'il soit de quelque utilité d'en donner une description même très abrégée. Il convient seulement de dire un mot des cuvettes, dont le photographe a constamment besoin.

Cuvettes. — Les cuvettes sont fabriquées en faïence, en carton laqué, en tôle vernie ou émaillée, en aluminium, en celluloïd, en gutta-percha, en porcelaine et en verre. Ces deux dernières substances donnent seules entièrement satisfaction, car elles sont absolument inaltérables, quels que soient les réactifs que l'on y mette (à l'exception de l'acide fluorhydrique, produit d'ailleurs très dangereux à manipuler et à peu près sans emploi en photographie). On ne peut que leur reprocher d'être pesantes et fragiles.

Il est vrai que ces inconvénients sont des plus sérieux, et même prohibitifs quand on se propose d'opérer en voyage. L'excursionniste, l'explorateur, feront mieux de se munir de cuvettes en celluloïd, substance très légère et susceptible d'être moulée avec la plus grande précision. On prendra garde seulement de ne pas l'approcher du feu, car elle est extrêmement inflammable, et de s'abstenir d'y verser des solutions contenant de l'acétone, qui est un dissolvant du celluloïd.

La faïence est à rejeter, parce que, dès que le vernis en est craquelé, la terre poreuse sous-jacente absorbe les liquides, mélange les réactifs qui devraient être isolés et provoque ainsi des taches. Il faut en dire autant du carton et de la tôle dépouillés de leur enduit protecteur : l'un boit les liquides, l'autre se rouille. Quant à l'aluminium, il ne résiste pas aux solutions alcalines et finit par s'effriter. La gutta-percha est coûteuse et se ramollit trop facilement à la chaleur : il faut en réserver l'application aux procédés nécessitant l'emploi de l'acide fluorhydrique.



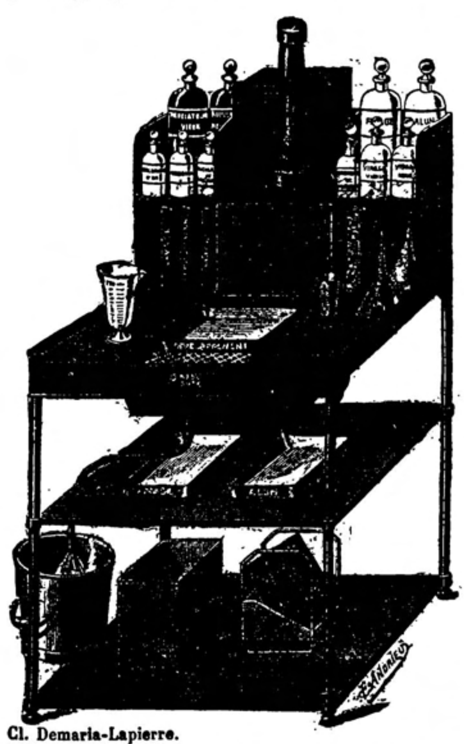
Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 62. — Cuvettes.

Chaque cuvette sera, autant que possible, exclusivement affectée à un emploi particulier : de là l'utilité des inscriptions gravées ou peintes sur ces récipients (fig. 62).

Laboratoire simplifié pour amateurs. — Les amateurs qui se bornent à utiliser les procédés les plus faciles peuvent se contenter d'une installation très rudimentaire. Un placard suffit à ceux qui n'ont pas un grand nombre de plaques à traiter sans interruption. On peut même opérer dans une pièce quelconque dont on aura fermé les fenêtres et recouvert de rideaux épais toutes les ouvertures. Et sans même s'astreindre à cette précaution, il n'y a qu'à attendre la nuit, ce qui permet de travailler n'importe où. Dans ce cas, le meuble représenté figure 63 sera très utile, car il

contient tout ce qui est nécessaire pour le travail courant : c'est à ce petit buffet que peut se réduire aujourd'hui l'installation du photographe dont les travaux sont limités aux procédés usuels. Il n'en serait évidemment pas de même pour celui qui se propose d'exécuter des travaux spéciaux ou de se livrer à des recherches.



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 63. — Meuble à développer.

On construit aussi de petites boîtes, en forme de pupitres ou de manchons, à l'aide desquelles le photographe peut charger ses châssis ou développer ses plaques dans une pièce éclairée comme d'habitude ou même en plein air. Une caissette garnie de verres rouges est percée de deux ouvertures munies de manches en étoffe opaque. Les châssis et la boîte de plaques étant disposés à l'intérieur, l'opérateur ferme l'appareil et passe ses bras dans les manches, serrées aux poignets par des bracelets de caoutchouc. Il peut ainsi, en regardant à travers les verres rouges, ouvrir la boîte de plaques et garnir ses châssis. Il procédera de même pour le développement, après avoir rangé, à l'intérieur de la caisse-laboratoire, le châssis contenant la plaque à développer, la cuvette, le bain révélateur, un ou deux flacons pour le lavage, le fixateur, etc. Cette combinaison n'est évidemment pas très commode, mais rend d'incontestables services en voyage.

Enfin, les procédés modernes permettent à l'amateur d'exécuter en pleine lumière toutes les opérations de la photographie. Nous avons déjà décrit (chapitre Ier) le mode d'emmagasinage des pellicules de celluloïd : une fois impressionnées, elles sont introduites, en pleine lumière, dans des cuves à fermeture étanche, où elles sont automatiquement développées et fixées. Le mode d'emploi de ces cuves sera indiqué dans le chapitre consacré au développement.

Le laboratoire n'est donc plus indispensable, ni pour introduire dans les châssis les plaques ou les pellicules, ni pour révéler l'image latente. Quant au tirage des épreuves sur papier, nous verrons que plusieurs procédés, et des plus usuels (citrate, chlorobromure), s'accommodent de l'éclairage normal d'une pièce ordinaire, lumière du jour ou lumière d'une lampe à pétrole.

Le laboratoire n'est pas davantage nécessaire pour la préparation des bains auxquels doivent être soumis les plaques et les papiers. Les révélateurs, fixateurs, renforçateurs, affaiblisseurs, virages, etc., sont vendus tout préparés, soit en solutions prêtes à l'emploi immédiat, soit sous forme de comprimés ou de mélanges en poudre (*photodoses*) qu'il suffit de faire dissoudre dans l'eau. Les réactifs à employer, réduits d'ailleurs à trois ou quatre, ne sont donc pas plus difficiles à préparer qu'un verre d'eau sucrée; un enfant sait le faire, et tout le matériel nécessaire à la photographie simplifiée peut aisément trouver place dans le tiroir d'un bureau ou sur une petite étagère, comme s'il s'agissait de peindre à l'huile, à l'aquarelle ou au pastel.

Contrôle de l'étanchéité du laboratoire. — Quel que soit le dispositif adopté par le photographe, il est prudent de s'assurer que la pièce ou l'appareil dans lesquels doivent être découvertes les préparations sensibles sont absolument à l'abri de toute lumière capable d'impressionner le sel d'argent. On a proposé, dans ce but, de soumettre les verres des lanternes à l'examen spectroscopique : c'est chercher une complication bien inutile et qui ne donne pas de résultats plus certains que l'essai très simple dont il va être question.

Il suffit de placer dans le laboratoire (ou dans la boîte qui en tient lieu) un morceau de plaque ou de pellicule sensible et d'en

recouvrir la moitié à l'aide d'un carton noir ou de tout autre objet opaque. Au bout de quelques minutes, il est facile de vérifier si la partie restée à découvert a été impressionnée, en plongeant dans un bain de développement la couche sensible soumise à l'expérience.

Toutefois, s'il s'agit de plaques très rapides, il ne faut pas s'inquiéter de la légère impression qu'aurait provoquée une exposition prolongée à la lumière rouge ou verte, car en prenant quelques précautions, en couvrant la cuvette pendant le développement, on évitera de voiler ces plaques, dont l'extrême sensibilité s'atténue d'ailleurs dès qu'elles sont mouillées.

Atelier de pose. — Pour le photographe portraitiste, l'atelier de pose est l'élément le plus important de son industrie, et la perfection de ses œuvres dépend en grande partie de l'installation et de l'organisation de cette pièce. L'habileté, le goût, le talent de l'opérateur, ne suppléeraient pas entièrement aux défauts d'un atelier mal compris.

Bien que l'usage de l'éclairage artificiel prenne une extension croissante, la lumière du jour est encore utilisée par le plus grand nombre des photographes professionnels. Aussi convient-il de rappeler les règles qui doivent présider à l'édification d'un atelier vitré.

Le principe d'où découlent ces règles, c'est que le portrait exige un éclairage qui ne soit ni trop dur ni trop diffus, de façon que le modelé du visage ne se montre ni trop plat ni trop heurté. Or, un éclairage vertical produirait des ombres trop noires sous les sourcils, sous les narines et sous le menton. L'éclairage horizontal, au contraire, supprimerait complètement ces ombres sur tout un côté de la figure, tandis que le côté opposé resterait entièrement dans l'ombre. C'est pourquoi la lumière doit arriver sur le modèle dans une direction oblique, faisant avec la verticale un angle voisin de 45°. Plusieurs dispositions différentes permettent de réaliser cet éclairage.

Dans la plupart des ateliers, la partie vitrée se compose de deux châssis, l'un vertical et l'autre en forme de toiture en pente douce. On obtient cependant d'excellents résultats en réduisant le vitrage à un seul châssis incliné, presque vertical.

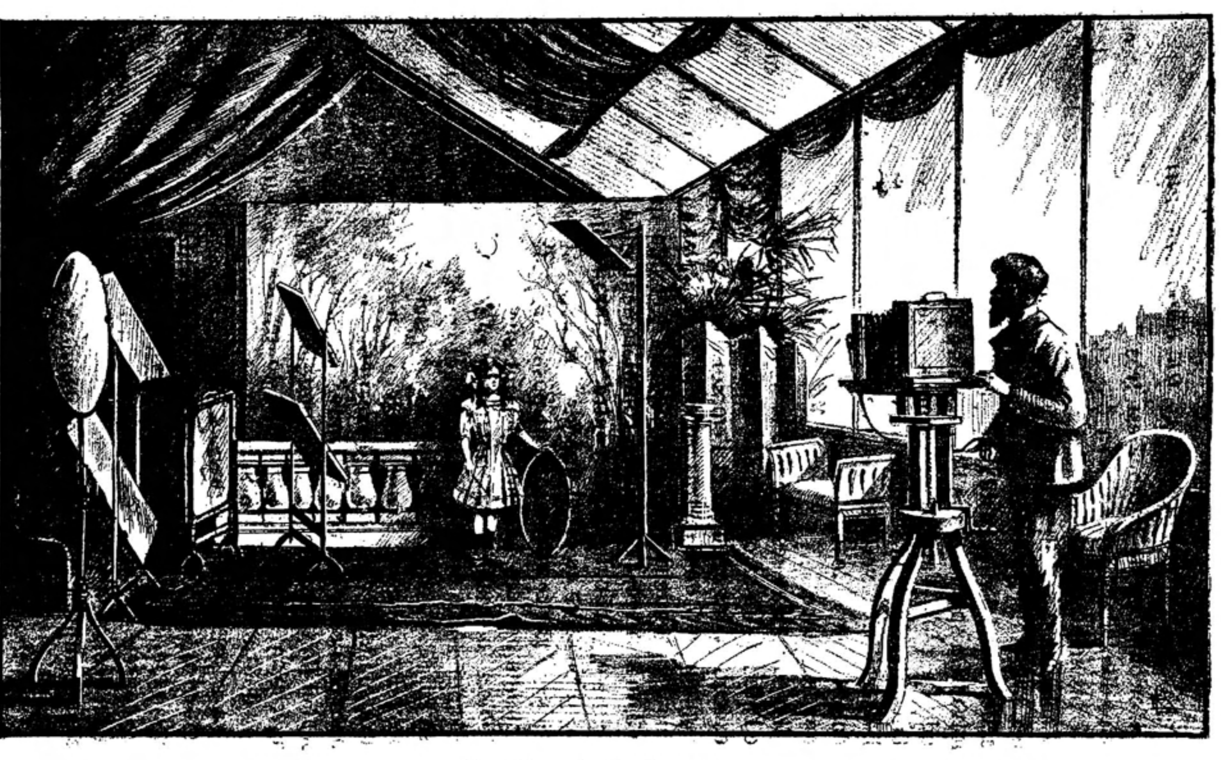


Fig. 64. — Atelier de pose,

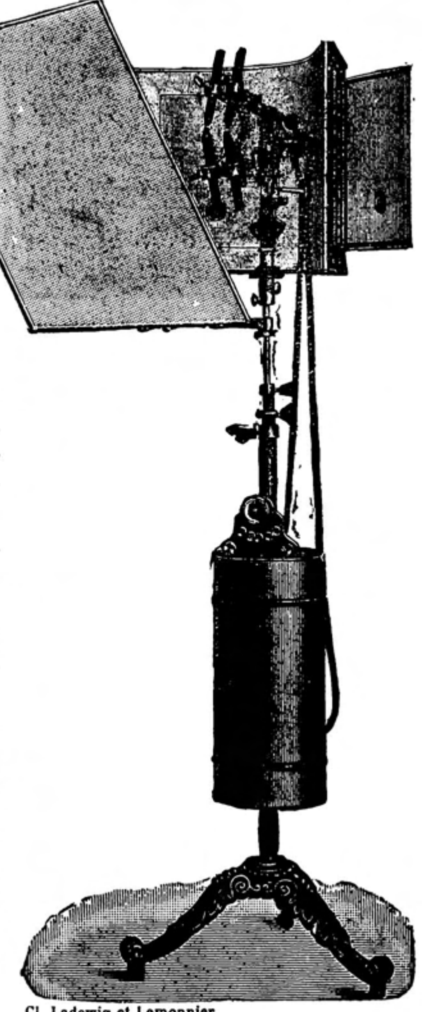
L'orientation de l'atelier est très importante, car il est nécessaire d'y éviter l'accès des rayons solaires. Il est vrai que de très habiles amateurs exécutent de très beaux portraits dans des salles où pénètre le soleil; mais ils réalisent ainsi des effets spéciaux, que le public, la clientèle d'un professionnel, n'accepterait pas facilement. Le vitrage de l'atelier doit donc faire face au nord, dans notre hémisphère. Dans l'hémisphère austral, il faut l'orienter au sud. De plus, l'atelier doit dominer les édifices voisins : s'il en était autrement, la lumière ne viendrait en réalité que d'en haut; elle serait trop verticale, et l'éclairage offrirait les mêmes inconvénients que si le vitrage était réduit à un seul châssis ménagé dans la toiture.

Il n'est pas nécessaire que le vitrage occupe toute la longueur de l'atelier. Un salon de pose assez spacieux est commode pour l'exécution des groupes et l'emploi d'objectifs à long foyer : une longueur de 7 ou 8 mètres est utile pour avoir un recul suffisant, mais il vaut mieux que le vitrage ne s'étende que sur un espace de 3 ou 4 mètres. Un atelier complètement vitré n'offrirait aucun avantage particulier; par contre, il aurait l'inconvénient d'être une vraie serre en été et une glacière pendant l'hiver.

Sous la partie vitrée sont disposés des rideaux de coton blanc soutenus par des anneaux glissant sur des tringles et faciles à déplacer, de manière à permettre de régler rapidement l'éclairage suivant l'effet à obtenir. Chaque photographe combine ses rideaux à sa guise, et ce n'est qu'à la suite d'essais réitérés qu'il finit par se rendre maître de son éclairage. Il y a plus : tel opérateur habitué à son atelier y produit d'excellents portraits, puis, s'il vient à changer de résidence, se trouve embarrassé dans son nouveau local et doit recommencer en quelque sorte un nouvel apprentissage, avant de connaître à fond toutes les ressources de l'éclairage dont il disposera désormais.

La nécessité de dominer les édifices voisins oblige souvent le photographe à installer son salon de pose au-dessus des toits. Si ses ressources ne lui permettent pas d'avoir un ascenseur, la clientèle consent de moins en moins à gravir six ou sept étages. En outre, les variations de la lumière diurne occasionnent souvent des mécomptes, et, pendant les journées d'hiver, il faut renoncer à

opérer dès 4 heures du soir. Aussi s'est-on préoccupé depuis longtemps d'utiliser une source de lumière artificielle qui permette d'opérer dans une salle quelconque, même au rez-de-chaussée ou dans un sous-sol, par n'importe quel temps et à toute heure du jour et de la nuit.



Cl. Ladewig et Lemonnier.

Fig. 65. — Lampe à arc d'atelier.

Les premiers essais tentés dans cette voie sont dus à Sillmann et Good, qui obtenaient, dès 1840, des daguerréotypes, en se servant de l'arc électrique. En 1851, Hill exécutait des portraits à l'aide de la lumière Drummond (bâton de chaux ou de magnésie rendu incandescent par le jet d'un chalumeau oxhydrique). En 1857, Law de Newcastle faisait, à Londres, des portraits au gaz. Enfin, Bunsen et Roscoë faisaient connaître, en 1860, la lumière du magnésium, qui est actuellement la source de lumière artificielle la plus fréquemment appliquée aux opérations photographiques.

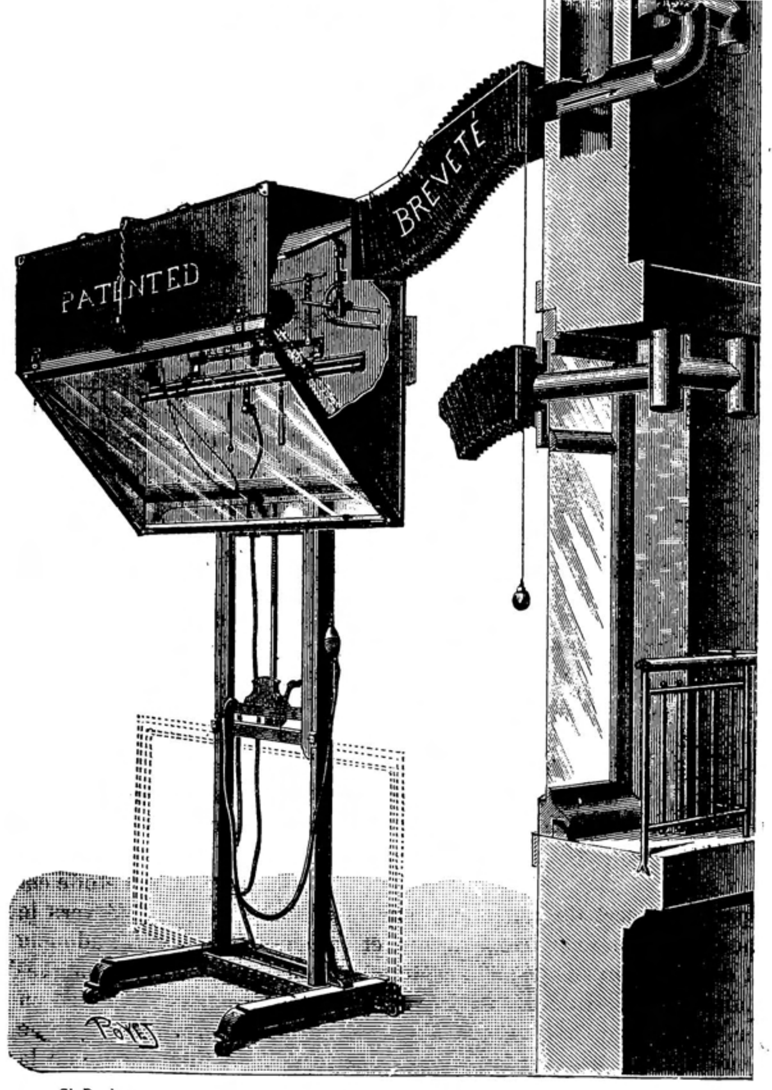
L'arc électrique n'est pas cependant entièrement abandonné par les portraitistes, parce qu'il fournit assez économiquement

un éclairage intense, sans bruit et sans fumée. La fig. 65 représente une lampe électrique destinée à l'exécution des portraits. L'appareil est monté sur un solide pied à roulettes ; il peut monter ou descendre, de façon à donner à l'éclairage la direction voulue.

Mais l'éclairage artificiel est surtout réalisé actuellement au moyen du magnésium en poudre, brûlant dans l'air ou au contact d'une substance susceptible de céder facilement de l'oxygène, comme le salpêtre ou le chlorate de potasse. Pour l'usage du photographe portraitiste, les constructeurs ont combiné des appareils au moyen desquels l'éclairage artificiel se rapproche le plus possible des conditions dans lesquelles la lumière diurne est ordinairement employée. A cet effet, des lampes à poudre de magnésium sont réparties à l'intérieur d'un meuble, d'une sorte d'armoire garnie d'un vitrage dont la forme et la disposition rappellent celles des châssis par lesquels les ateliers de pose reçoivent la lumière du jour.

Tel est, entre autres, le *Relampago* de M. Guimaraès (fig. 66). La poudre magnésique est étalée sur une rigole qui occupe toute la longueur de la cage vitrée, au-dessus d'une bande d'amiante imprégnée d'alcool. Sous l'action de l'air comprimé par une poire de caoutchouc, la rigole tourne autour des charnières qui la soutiennent, et la poudre tombe brusquement sur l'alcool enflammé. Un vif éclair jaillit, et, aussitôt après, un rideau se déroule derrière le panneau vitré pour le protéger contre les produits de la combustion. La fumée s'échappe par un tuyau souple constitué par un soufflet en toile relié à la cheminée.

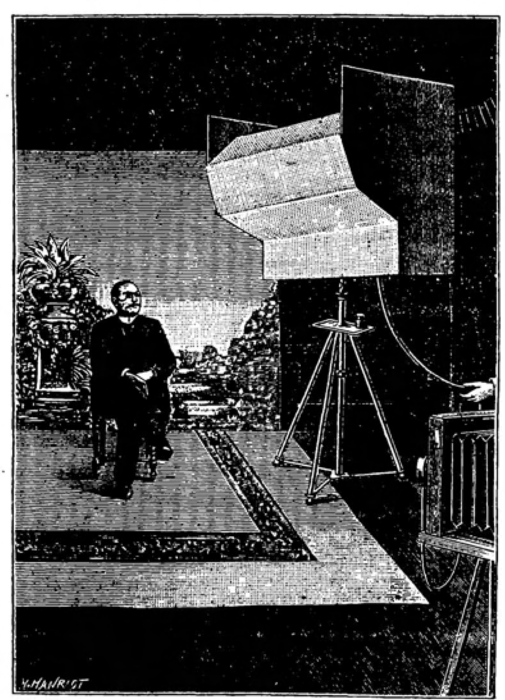
L'*Atelier du vingtième siècle,* de M. Bouillaud, est constitué par une cabine vitrée mesurant $2^{m},50$ de longueur et de hauteur variable selon le local où elle doit être installée. A l'intérieur sont réparties plusieurs lampes à magnésium, que l'on charge, avant la pose, au moyen de cartouches contenant un mélange de métal pulvérisé et d'une substance comburante. Ce mélange est enflammé par une étincelle électrique qui jaillit au moment même où s'ouvre l'obturateur. L'opérateur tient en main une poire de caoutchouc dont la pression détermine l'ouverture de l'obturateur : ce dernier, en s'ouvrant, établit un contact électrique qui ferme le circuit



Cl. Poulenc.

Fig. 66. — Relampago.

d'allumage. La plaque est donc démasquée à l'instant précis où les lampes s'allument. La lumière fournie par cet appareil est très douce, quoique très intense, et fournit des portraits d'un modelé remarquable; elle ne dure d'ailleurs qu'une faible fraction de seconde, en sorte que, lorsque le modèle commence à cligner les paupières, sous l'effet de l'éclair éblouissant qui vient de briller à l'improviste, la pose est déjà terminée.



Cl. Mackenstein.

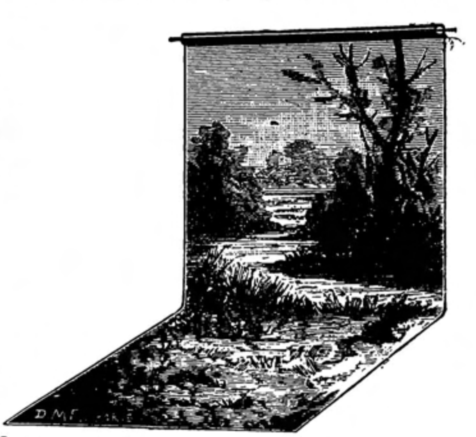
Fig. 67. — Modern-photo.

Le *Modern-photo* de M. Courrier (fig. 67) est un appareil beaucoup plus léger et que l'on peut installer rapidement, n'importe où. Malgré ses dimensions restreintes, il permet d'exécuter de grands clichés, jusqu'au format 30 × 40. Il se compose d'une monture en tubes de cuivre recouverte d'étoffe incombustible. Sur l'une des faces de cette cage, l'étoffe est opaque et sert de réflecteur; sur le côté opposé, tourné vers le modèle, l'étoffe est transparente et transmet la lumière, adoucie et diffusée, émise par deux cartouches de poudre à base de magnésium et de zircone. La cage est supportée par un solide pied en fer. Une manche en étoffe aboutissant au dehors, soit par une fenêtre, soit par une cheminée, assure l'évacuation rapide de la fumée produite par la combustion de la poudre.

Accessoires de pose. — L'ameublement de l'atelier dépend naturellement du goût de celui qui l'installe, et le choix des accessoires de pose est subordonné aux travaux que l'on se propose d'y entreprendre. Il y faudra nécessairement un assortiment de sièges de styles variés, au moins une table, des tapis, des tentures.

D'autres objets sont également indispensables et figurent d'ailleurs dans tous les salons de pose. C'est, d'abord, une série de fonds qui représenteront l'un un intérieur, l'autre un paysage. Un fond clair où quelques nuages seront légèrement indiqués servira à l'exécution des portraits en buste dégradés ou *vignettes;* un fond noir sera nécessaire si l'on a l'intention de tirer des épreuves dites à « fond russe ».

Ces fonds sont peints sur des toiles qui s'enroulent autour de rouleaux supportés par un châssis. On appelle *fonds continus* ceux qui représentent, sur la même toile, le fond proprement dit et la surface qui doit être posée sur le parquet (fig. 68). Si la partie verticale du fond représente un appartement, l'extrémité qui sera disposée horizontalement représentera un tapis; de même, un fond reproduisant l'intérieur d'une église sera accompagné d'un parquet en mosaïque, tandis qu'un fond figurant un jardin ou le bord de la mer se terminera par une peinture représentant du sable, des cailloux ou bien du gazon, un sentier, etc. La partie étalée sur le plancher doit s'étendre au moins à 2m,50, afin qu'on n'en aperçoive pas les bords sur l'épreuve. La toile n'est clouée, au rouleau ou au châssis porteur de fonds, que par son extrémité supérieure; elle doit descendre librement et dans une direction perpendiculaire, jusqu'au sol, où elle affecte



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 68. — Fond continu.

une légère courbe continue et graduelle qui, à la photographie, estompe le raccord entre la partie verticale et la partie horizontale.

Les fonds sont peints à l'huile, mais la surface doit en être mate, afin d'éviter les reflets qui enlèveraient toute vraisemblance à l'effet et rendraient toute illusion impossible.

L'*appui-tête* (fig. 69) a été pendant longtemps un accessoire indispensable. Aujourd'hui, la rapidité de la pose le rend presque



Fig. 69. — Appui-tête.

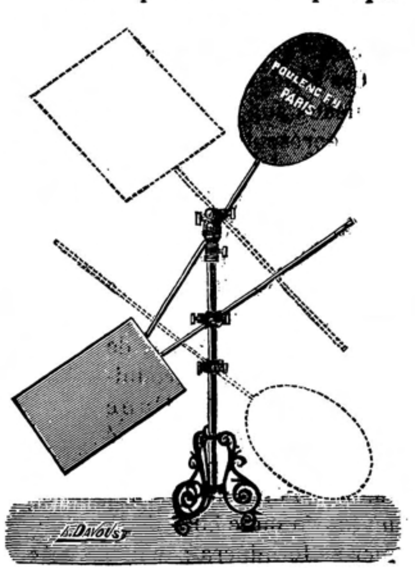
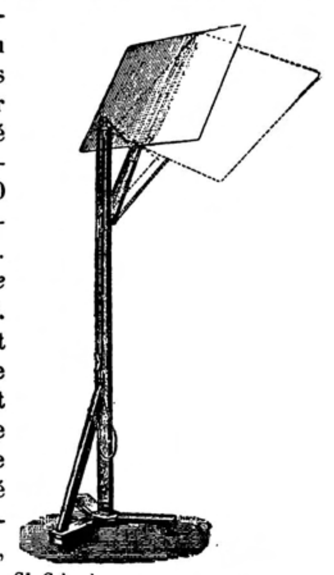


Fig. 70. — Réflecteurs.

toujours inutile. Il y a cependant des cas où cet instrument est encore susceptible de rendre quelques services, notamment quand on se trouve obligé d'opérer avec une faible lumière. Aussi n'était-il pas inutile de signaler l'existence d'un outil presque oublié depuis quelques années.

L'éclairage transmis par le vitrage ou émis par les sources de lumière artificielle n'est pas toujours suffisamment bien distribué;

il est parfois trop dur, même quand il est réglé au moyen des rideaux d'atelier. Aussi le photographe portraitiste a-t-il soin de compléter le réglage de la lumière à l'aide d'écrans et de réflecteurs. Ce sont de petits panneaux formés d'étoffe blanche tendue sur des cadres légers. Suivant la position qu'on leur donne par rapport au modèle et à la source de lumière, ces écrans servent à tamiser et à diffuser la lumière, ou à la refléter vers le côté du sujet placé dans l'ombre, de manière à adoucir le modelé. La fig. 70 montre un de ces appareils et en explique suffisamment le fonctionnement. Le dessin suivant représente l'*écran de tête,* dont l'invention est due à M. C. Klary. Certains photographes règlent complètement leur éclairage à l'aide de cet écran, dont la manœuvre est beaucoup plus rapide et plus commode que celle des rideaux. Il suffit de faire varier l'inclinaison de l'écran, constitué par une étoffe transparente, et de l'approcher plus ou moins du modèle, pour réaliser les divers effets d'éclairage. L'écran de tête permet d'ailleurs d'éclairer convenablement un portrait dans une chambre ordinaire et même en plein air, dans une cour ou dans un jardin.



Cl. Calmels.

Fig. 71. — Ecran de tête.

OUVRAGES A CONSULTER

A. BADEN-PRITCHARD, *les Ateliers photographiques de l'Europe,* 2 vol., Paris (Gauthier-Villars), 2e édition, 1885.

A. DELAMARRE, *le Laboratoire de l'amateur,* Paris (Ch. Mendel), 1902.

J.-M. EDER, *Das Atelier und Laboratorium des Photographen,* 2e édition, Halle a/S (W. Knapp).

ESSENHIGH-CORKE, *les Effets d'éclairage dans le portrait,* Paris (Ch. Mendel), 1911.

C. KLARY, *l'Eclairage des portraits photographiques,* 8e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1902.

J. FLEURY-HERMAGIS, *l'Atelier de l'amateur,* 2e édition, Paris (G. Rongier et Cie), 1889.

LIVRE II

PROCÉDÉS NÉGATIFS

CHAPITRE V

LE GÉLATINOBROMURE

Historique. — L'emploi de la gélatine dans la préparation des plaques photographiques avait été proposé, dès 1847, par Abel Niepce de Saint-Victor ; mais ce fut Maddox qui prépara, en 1871, la première émulsion. La gélatine était fondue dans l'eau chaude avec du bromure de cadmium. Après y avoir ajouté une solution de nitrate d'argent, le mélange était coulé sur des plaques de verre. La couche une fois sèche était prête à l'emploi, mais possédait une faible sensibilité et fournissait des images presque toujours voilées.

En 1873, King et Johnston reconnurent que le voile était dû à la présence des sels solubles restés dans la gélatine et les éliminèrent par dialyse. Vers la même époque, Kennett mettait dans le commerce une émulsion sèche au gélatinobromure d'argent préparée de la manière suivante. La gélatine est d'abord gonflée dans l'eau froide, puis fondue à chaud. On y introduit alors, d'abord du bromure de potassium, puis du nitrate d'argent. Il se forme ainsi du bromure d'argent insoluble et du nitrate de potasse. On verse ensuite le tout dans une cuvette en porcelaine et on laisse refroidir. Quand l'émulsion est figée, on la lave, afin d'éliminer les sels solubles dont elle est imprégnée. On fait alors fondre de

nouveau la gelée, et on la coule sur des plaques de verre. Cette émulsion fournit des images très pures et vigoureuses, mais elle manque de sensibilité.

Le 7 mars 1878, Bennett fit connaître le moyen de donner au gélatinobromure une sensibilité jusque-là inusitée et qui dépassait de beaucoup celle du collodion. Ce moyen consiste à laisser *mûrir* l'émulsion, en la maintenant à la température de 30 degrés pendant plusieurs jours. On arrive au même résultat plus rapidement en la soumettant pendant quelques minutes à la température de 100 degrés.

Les chiffres suivants donneront une idée de la sensibilité que l'on est parvenu à donner aux émulsions[1] :

Collodion humide	1
Emulsion lente pour projections	10
— rapide —	120
— extra-rapide —	220
— ultra-rapide — (environ)	600

M. Mercier a constaté que certaines substances ajoutées à l'émulsion modifient considérablement ses propriétés et permettent de très grands écarts dans la durée du temps de pose. On peut employer à cet effet, pour 1 litre d'eau, soit 25 gr. d'émétique, soit 20 gr. de morphine, soit 10 gr. de codéine. On verra plus loin que l'addition de matières colorantes en très faibles quantités communique aux émulsions une sensibilité qu'elles n'ont pas d'ordinaire pour certaines radiations, telles que le vert, le jaune ou le rouge.

Fabrication des plaques au gélatinobromure. — La préparation des plaques photographiques fait actuellement l'objet d'exploitations très importantes. Certaines usines fabriquent chaque jour des milliers de plaques de tous formats, et, quoique la concurrence ait fait baisser les prix dans de grandes proportions, les produits livrés sont de plus en plus parfaits. On ne trouve plus que rarement des plaques piquées de trous ou inégalement recouvertes d'émulsion. La sensibilité a été accrue, et néanmoins la tendance au voile n'a pas notablement augmenté. Les plaques actuelles

1. D'après Hough, *Journal of the Photographic Society*, 1894, à l'exception du dernier chiffre, relatif aux plaques les plus récentes.

sont, en moyenne, à peu près vingt fois plus sensibles qu'au début et ne coûtent pas la moitié de ce qu'elles coûtaient à cette époque. On pourrait seulement critiquer la manière dont les verres sont coupés : il arrive trop souvent que les plaques présentent sur leurs bords des arêtes vives et tranchantes, susceptibles de blesser les doigts de l'opérateur obligé de les manipuler dans un laboratoire très faiblement éclairé ou même dans l'obscurité complète.

Les procédés de fabrication varient suivant les usines. Chaque usine, d'ailleurs, utilise plusieurs formules, selon la nature des plaques à préparer : plaques lentes, plaques de rapidité moyenne, plaque de sensibilité extrême, plaques orthochromatiques, plaques anti-halo, etc. A titre d'exemple, nous reproduisons la formule indiquée par Eder :

A.	Bromure de potassium	20 gr.
	Iodure de potassium	0,6.
	Gélatine tendre	20
	Eau	200 cc.
B.	Nitrate d'argent	30 gr.
	Acide nitrique	1 à 2 gouttes.
	Eau distillée	125 cc.
C.	Gélatine dure	30 gr.
	Eau	500 cc.

La gélatine est mise à gonfler à froid dans la quantité d'eau indiquée (solution A). On y ajoute les sels, et l'on fait fondre au bain-marie. On ajoute alors la solution B, en agitant le mélange, et l'on obtient la maturation par une coction à l'eau bouillante d'environ 20 minutes. On refroidit ensuite, et, quand la gelée s'est figée, on la lave au canevas. On ajoute enfin la solution C, on fait chauffer, et on coule sur les plaques.

L'élimination des sels restés dans la gélatine nécessite des lavages prolongés, qui rendent la fabrication onéreuse. Aussi a-t-on cherché à préparer autrement le bromure d'argent. C'est ainsi qu'au lieu de faire agir le nitrate d'argent sur le bromure de potassium, ce qui laisse dans la couche du nitrate de potasse, on met en présence, soit l'acide bromhydrique et le carbonate d'argent, soit le bromure d'ammonium et l'oxyde d'argent dissous dans l'ammoniaque. Il se produit alors, en même temps que du bromure d'argent, un composé volatil qui s'élimine de lui-même.

La sensibilité de l'émulsion dépend de sa maturation, mais cette opération n'est pas sans difficulté. Quand l'émulsion est préparée à une température aussi basse que peut le comporter la fusion de la gélatine (environ 27 ou 28 degrés), elle est absolument transparente, mais très peu sensible. Si, pour en accroître la sensibilité, on la soumet à l'action de la chaleur, on la voit devenir peu à peu opaline, et l'examen au microscope montre que le bromure d'argent s'agglomère en grains de plus en plus volumineux. La rapidité n'est ainsi acquise qu'au détriment de la finesse des images, et cet inconvénient a longtemps limité la sensibilité des émulsions. Aujourd'hui, la plupart des fabricants arrivent, à l'aide de recettes tenues secrètes, à livrer des plaques très rapides à grain relativement fin. Néanmoins, l'émulsion n'en est pas aussi fine que celle des plaques lentes et ne convient pas aux travaux de reproductions, qui exigent une grande perfection de détails.

L'émulsion est coulée automatiquement sur les plaques au moyen de machines spéciales qui assurent à cette opération toute la régularité nécessaire. De grandes feuilles de verre sont mécaniquement entraînées sur un long support horizontal. Elles passent, d'un mouvement uniforme, sous le distributeur relié au réservoir d'où coule l'émulsion tiède. Le verre recouvert de gélatinobromure continue son mouvement de progression, et l'émulsion refroidie se prend en gelée. La plaque est alors portée dans le séchoir, vaste pièce ventilée à température constante. Après dessiccation, les feuilles de verre sont découpées au diamant suivant les différents formats usuels, puis emballées dans ces boîtes de carton que connaissent tous les photographes et que l'on peut se procurer même dans les bazars. Rappelons que les plaques se trouvent séparées les unes des autres par de petites bandes de carton plissé et enveloppées, par paquets de six ou de quatre, dans du papier rouge ou noir.

Il va sans dire que toutes ces opérations sont effectuées à l'abri de la lumière blanche, dans des locaux éclairés par des lanternes à verres rouges ou verts.

Les dimensions normales que le Congrès international de Bruxelles avait proposé, en 1891, de donner aux plaques sensibles sont les suivantes :

Série 2/3	Série 3/4	Série carrée
32—48	36—48	48—48
24—36	24—32	36—36
16—24	18—24	24—24
12—18	12—16	12—12
8—12	9—12	8—8

Le commerce n'a adopté que quelques-uns de ces formats et a combiné un grand nombre de dimensions, dont voici les plus usuelles :

MESURES FRANÇAISES

4 1/2 × 6 cent.	8 1/2 × 10 cent.	21 × 27 cent.
6 × 8 —	9 × 12 —	24 × 30 —
6 1/2 × 9 —	12 × 15 —	27 × 33 —
8 × 8 —	13 × 18 —	30 × 40 —
8 × 9 —	15 × 21 —	40 × 50 —
8 × 10 —	18 × 24 —	50 × 60 —

MESURES ANGLAISES

3 1/4 × 4 1/4 p.	= 8 × 10 1/2 c.	10 × 12 p.	= 25 × 30 1/2 c.
4 × 5 —	= 10 × 12 1/2 —	12 1/2 × 15 1/5 —	= 30 1/2 × 38 1/2 —
4 3/4 × 6 1/2 —	= 12 × 16 1/2 —	23 × 17 —	= 58 1/2 × 43 —
5 × 7 1/2 —	= 12 1/2 × 19 —	25 × 21 —	= 63 × 53 —
5 × 8 —	= 12 1/2 × 20 —	30 × 25 —	= 76 × 63 —
6 1/2 × 8 1/2 —	= 16 1/2 × 21 1/2 —	30 × 40 —	= 76 × 102 —
8 × 10 —	= 20 × 25 —		

Supports souples. — Le support de la couche sensible a donné lieu à d'innombrables recherches. Le verre a l'avantage d'être parfaitement transparent, mais il est lourd et fragile. On a tenté, à plusieurs reprises, de revenir au papier, dont l'emploi remonte aux premiers temps de la photographie, mais sa transparence imparfaite prolonge le tirage des épreuves, et les défauts de sa texture nuisent à la pureté des images. On est cependant parvenu à fabriquer des papiers dont l'homogénéité est très suffisante dans la plupart des cas. Néanmoins, le support actuellement le plus usité, après le verre, c'est le celluloïd. Dès 1881, Stebbing avait proposé l'emploi de cette substance, mais s'était vu obligé d'y renoncer, parce qu'il n'était pas possible, à cette époque, de l'obtenir en plaques régulières et suffisamment diaphanes. Carbutt, en 1889, réussit à fabriquer des pellicules très minces. La même année, la Compagnie Eastman mettait en vente des pellicules

inextensibles, inaltérables et aussi transparentes que le verre. Depuis lors, l'emploi du celluloïd n'a cessé de se répandre chaque jour davantage, et la vogue dont jouissent auprès des amateurs les *vitroses* en celluloïd semi-rigide aussi bien que les *films* ou bandes souples est amplement justifiée par la commodité et la facilité de leur application. Nous avons d'ailleurs déjà décrit le mode de fonctionnement du *film-pack* et des bobines pelliculaires. Les feuilles de celluloïd qui ne sont recouvertes de gélatine que sur l'une de leurs faces ont le défaut de se rouler et de rester tordues lorsqu'on les fait sécher, après les avoir passées dans les différents liquides que comportent les procédés photographiques. Les fabricants évitent cet inconvénient en coulant sur la face opposée à l'émulsion une couche de gélatine ordinaire, qui se gonfle dans l'eau de la même manière que le gélatinobromure et subit, en séchant, le même retrait. La pellicule reste ainsi parfaitement plane.

La couche sensible est quelquefois étendue sur une plaque de verre enduit de talc ou d'encaustique et doublée d'une pellicule de collodion, de façon à pouvoir être facilement séparée de son support et reportée sur un autre. Ces pellicules détachables sont très utiles dans certains procédés de gravure ou bien dans la photographie en couleurs. La pellicule n'adhère à son support que par les bords; pour la détacher, il suffit de pratiquer une incision tout autour, à 1 ou 2 millimètres des bords, à l'aide d'un canif.

Plaques orthochromatiques. — Si l'on expose au spectre solaire une plaque sensible ordinaire, on remarque, en la traitant par les réactifs habituels, qu'elle est impressionnée dans la région bleue et violette, ainsi que dans l'ultra-violet. Mais, si l'exposition n'est pas trop prolongée, les autres régions du spectre, même le jaune et l'orangé, qui nous paraissent si lumineux, ne déterminent qu'une réduction très faible. Enfin, le rouge et une certaine région du vert ne laissent à peu près aucune trace d'impression.

La sensibilité du bromure d'argent est donc très différente de celle de notre œil, et il en résulte que la reproduction de certains sujets est très infidèle. Cette différence se traduit même par des effets choquants. La peau est reproduite plus noire qu'elle n'est en réalité; des taches de rousseur à peine visibles sont très exagé-

rées. Dans un paysage bien éclairé, l'azur foncé d'un ciel limpide est traduit par une surface uniformément blanche, tandis que le vert clair des prairies est figuré par une teinte sombre.

Ces anomalies s'atténuent dans une certaine mesure, en prolongeant le temps de pose, parce que la réduction du sel d'argent ne demeure pas proportionnelle à la durée de l'exposition, mais ce palliatif est souvent insuffisant et n'est du reste pas toujours possible, notamment quand il s'agit de portraits ou de sujets en mouvement exigeant une pose très courte.

Il était donc nécessaire de rendre le bromure d'argent sensible à toutes les radiations visibles.

En 1873, Vogel découvrait que l'addition au bromure d'argent sec d'une substance absorbant certains rayons colorés le rend sensible à ces mêmes rayons. Ainsi, l'addition de *coralline* détermine la sensibilisation pour le jaune, et le vert d'aniline qui absorbe le rouge rend la couche sensible au rouge. Il suffit d'ajouter une très petite quantité de ces matières colorantes, pour produire l'effet voulu. Et même, si l'on en ajoute trop, l'effet produit est moindre. Il s'agit seulement de colorer le sel d'argent; si le colorant se trouve en excès, il colore aussi le substratum (collodion ou gélatine) du sel sensible, et alors cette couche colorée absorbe inutilement les radiations, qu'elle empêche de venir impressionner le sel d'argent.

Vogel assurait que toutes les solutions colorantes déterminaient un effet sensibilisateur. Sa théorie ainsi généralisée a été contestée. Il convient de remarquer que beaucoup de couleurs ne présentent pas la même teinte à l'état solide qu'en solution. C'est le pouvoir absorbant à l'état solide qu'il faut considérer : par là s'expliquent certaines divergences entre les expérimentateurs.

Ce qui est certain, c'est qu'un grand nombre de matières colorantes usuelles modifient la sensibilité des émulsions. En 1874, Becquerel signalait la chlorophylle comme sensibilisant le bromure d'argent pour le rouge-orangé. En 1876, Waterhouse désignait l'éosine comme sensibilisateur pour la région verte du spectre. On a également employé, avec succès, l'érythrosine, la chrysaniline, le violet de méthyle, la cyanine, le vert malachite, la rhodamine, la nigrosine, le rose Bengale, etc.

Plus récemment, les chimistes ont réussi à préparer des matières colorantes spécialement destinées à la sensibilisation des plaques photographiques. Ces substances ne sont pas utilisées en teinture, comme les précédentes, à cause de leur prix élevé et de leur trop faible résistance à la lumière, mais leur pouvoir sensibilisateur est extrêmement remarquable. Parmi ces matières colorantes, nous citerons le pinachrome, le pinacyanol, le pinaverdol et l'orthochrome.

On trouve dans le commerce des plaques sensibilisées soit pour le vert, soit pour le rouge, et désignées sous le nom de plaques *orthochromatiques* (de ὀρθός, juste, et χρῶμα, couleur). Il en existe aussi qui sont rendues sensibles à la fois au vert, au jaune et au rouge : on les nomme *panchromatiques* (de πᾶν, tout, χρῶμα, couleur). Ces plaques portaient autrefois le nom d'*isochromatiques* (ἴσος, égal, χρῶμα, couleur), mais il y a actuellement une tendance à renoncer provisoirement à ce qualificatif, qui n'est pas exact. En effet, une émulsion a beau être rendue sensible à la région du spectre qui s'étend du bleu-vert au rouge extrême, elle n'en conserve pas moins un excès de sensibilité pour le bleu, le violet et même l'ultra-violet invisible.

Pour compenser cette inégalité, il est nécessaire d'interposer un verre jaune en avant ou en arrière de l'objectif, ou bien d'imbiber la gélatine d'une solution colorante jaune destinée à produire le même effet et facile à éliminer soit par de simples lavages, soit à l'aide d'un réactif décolorant. Les écrans liquides fournissent des résultats plus constants, l'absorption dépendant de la concentration de la solution et de l'épaisseur de la couche liquide. Les substances proposées à cet effet sont l'aurantia, l'acide picrique, l'éosine, le jaune naphtol, le bichromate de potasse, etc. Le Dr Eder et M. Edouard Belin leur préfèrent le chromate neutre de potasse à 4 p. 100. Cette solution absorbe totalement les bleus, sans empiéter sur les régions voisines du spectre, et le retard de pose qu'elle occasionne est moindre qu'avec le bichromate. Le liquide est placé dans une cuve en verre à faces parallèles, telle que celle dont le dessin est représenté (fig. 72). Elle est constituée par deux disques de verre maintenus écartés l'un de l'autre par un anneau de même matière. Deux orifices fermés par des bouchons de liège

servent à remplir et à vider la cuve. Une monture en laiton entoure le récipient et sert à le fixer sur le parasoleil de l'objectif. Pour que l'interposition de la cuve ne nuise pas à la netteté de l'image, il faut que les deux disques de verre soient travaillés avec la même précision que les lentilles de l'objectif.

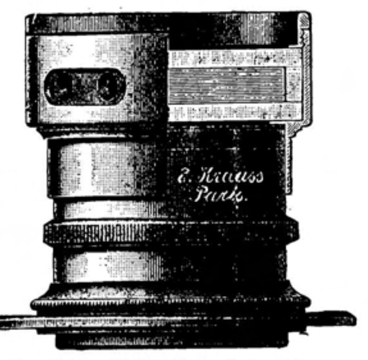


Fig. 72. — Objectif muni d'un écran liquide.

Les émulsions orthochromatisées au cours de leur fabrication conservent pendant assez longtemps leur sensibilité pour les radiations peu actiniques. Néanmoins cette sensibilité s'altère, à la longue, dans des conditions encore mal définies : aussi est-il préférable, autant que possible, d'utiliser ces plaques dans l'année de leur fabrication.

On peut également orthochromatiser une plaque ordinaire, en l'imprégnant d'une solution colorante convenablement préparée. Cette sensibilisation, dite *au trempé,* donne d'excellents résultats, mais ne persiste que peu de temps, si elle n'est pas effectuée avec tout le soin voulu.

Voici quelques formules de sensibilisation orthochromatique au trempé :

1. Pour sensibiliser au jaune et au vert :

Solution d'érythrosine à 2 p. 100.............	6 cc.
Ammoniaque pure.........................	2 —
Eau distillée	100 —

La plaque y est laissée deux minutes et séchée dans l'obscurité.

2. Pour sensibiliser au jaune, au jaune-orangé et au rouge-orangé :

Solution alcoolique de rouge de quinoléine 1 p. 500.....	8 cc.
— — cyanine à 1 p. 500...............	1 —
Eau	200 —
Ammoniaque..	2 —

3. Bain pour plaques panchromatiques :

Eau distillée	200 cc.
Ammoniaque	2 —
Solution d'orthochrome T au 1.000e	3 à 4 —

La solution d'orthochrome est préparée en dissolvant à chaud 1 gramme de cette substance dans 100 cc. d'alcool à 90°. Après dissolution, on ajoute 500 cc. d'alcool et 400 cc. d'eau distillée. Cette liqueur doit être conservée dans l'obscurité. La solution d'orthochrome peut être remplacée par des solutions de pinachrome ou de pinaverdol préparées de la même manière. Avec ces dernières matières colorantes, la sensibilité est plus accentuée pour le rouge. Après l'immersion de la plaque dans l'un quelconque de ces trois bains, il est essentiel de la rincer pour éliminer l'excès de colorant, et surtout de la faire sécher le plus rapidement possible à l'air libre, ou mieux dans une étuve ventilée. Grâce à ces précautions, M. Ch. Simmen a réussi à conserver des plaques qui possédaient encore au bout de deux ans toute leur sensibilité chromatique.

En ajoutant à ces bains 5 à 6 cc. d'une solution alcoolique au 500e de rouge de quinoléine, les plaques sont moins sujettes au voile et se conservent plus longtemps. En supprimant l'ammoniaque, la sensibilité pour le rouge et le vert est légèrement diminuée, mais la dessiccation peut être moins rapide sans inconvénient, si les plaques doivent être employées dans un délai d'environ un mois.

Les plaques sensibilisées pour le rouge ne sauraient évidemment être manipulées à la lumière d'une lanterne à verre rouge : elles y seraient certainement voilées. Le laboratoire sera donc éclairé par une lanterne à verre vert. Pour les plaques sensibilisées au vert, on se servira de l'éclairage rouge. Enfin, les plaques panchromatiques exigeront des précautions toutes particulières. La lumière, très atténuée, sera transmise par un verre enduit de tartrazine et de violet de méthyle (V. p. 79). Et même, si l'émulsion est très sensible, il vaudra mieux s'exercer à charger les châssis dans l'obscurité complète. C'est également à l'abri de toute lumière que les plaques seront extraites des châssis et placées dans la cuvette contenant le bain de développement. Néanmoins, une fois l'émulsion bien imbibée, il n'y aura aucun inconvénient à regarder le cliché

à la lumière rouge : M. E. Valenta a reconnu[1] que la sensibilité communiquée aux émulsions pour les rayons jaunes et rouges est considérablement diminuée dès leur immersion dans le révélateur.

Plaques anti-halo. — Les plaques ordinaires se prêtent mal à la reproduction des sujets qui présentent de fortes oppositions, de vives lumières se détachant sur des surfaces sombres. Tels sont les paysages éclairés à contre-jour et les vues d'intérieurs dans lesquelles sont comprises des fenêtres bien éclairées ou des sources lumineuses (lampes ou foyers) placées devant un fond obscur. On remarque alors que la lumière empiète sur les parties sombres et se trouve entourée d'une sorte d'auréole ou *halo*. Ce phénomène est dû à la lumière qui a traversé de part en part la couche sensible et son support, et s'est ensuite réfléchie sur la seconde face du verre ou de la pellicule.

Pour éviter le halo, il suffit donc d'empêcher cette réflexion nuisible. On y parvient soit en enduisant le dos de la plaque d'une couleur opaque mêlée à un agglutinant, soit en interposant entre l'émulsion et son support une sous-couche colorée absorbante. Dans le premier cas, l'anti-halo est éliminé par les bains et les eaux de lavage qui dissolvent l'agglutinant; dans le second, il est décoloré ou dissous à l'aide de réactifs appropriés. Il existe même des plaques dont l'anti-halo est constitué par une substance soluble dans l'un des bains nécessaires aux opérations photographiques, en sorte que l'emploi de ces plaques n'entraîne aucune espèce de complication. C'est ainsi qu'on a formé l'anti-halo d'une couche de gélatine imprégnée d'iodure de plomb. Cette substance, jaune opaque, absorbe complètement les radiations actiniques et se trouve ensuite éliminée par le bain de fixage à l'hyposulfite de soude. On trouve également dans le commerce des plaques dont l'anti-halo est constitué par une feuille enduite d'un adhésif coloré en noir. Après la pose, ou après l'achèvement du cliché, cette feuille est séparée du verre.

Les plaques anti-halo doivent être employées chaque fois que l'on a à reproduire un sujet à contrastes violents : couchers de

1. *Photogr. Correspondenz*, 1902, p. 214.

soleil, sous-bois où les branches laissent apercevoir le ciel, portraits à contre-jour, vues prises la nuit et comportant des sources de lumière comprises dans le champ de l'instrument. A défaut de plaques anti-halo, on utilisera des plaques ordinaires dont on aura eu soin d'enduire le verre d'un pigment opaque. L'anti-halo le plus simple est préparé en mélangeant du noir de fumée ou de l'ocre avec de la colle de pâte ou de la dextrine. Le mélange suivant, indiqué par Lévy, a l'avantage de sécher en 5 minutes :

Solution épaisse de gomme arabique	50 gr.
Caramel	50 —
Terre de Sienne brûlée broyée à l'eau..............	100 —
Alcool	100 cc.

Pour enlever cet enduit avant le développement, de manière à pouvoir examiner le cliché par transparence, il suffit de placer au fond d'une cuvette des morceaux de drap imbibés d'eau. La gomme en contact avec ce drap se gonfle, et, si l'on passe ensuite un linge sec, le pigment y adhère. La plaque se trouve ainsi débarrassée de l'anti-halo sans que la couche sensible ait été mouillée.

Conservation des plaques. — Les plaques au gélatinobromure, ainsi que les pellicules et les papiers recouverts d'émulsion, doivent être préservés avec soin de la lumière et de l'humidité. Les voyageurs qui entreprennent des expéditions lointaines doivent emballer leurs provisions de plaques dans des caisses métalliques soudées. Il faut également éviter, autant que possible, l'action prolongée d'une température trop élevée, qui risquerait de *voiler* la plaque : la couche sensible plongée dans le bain de développement y noircirait comme si elle avait été exposée à la lumière.

Si toutes les précautions voulues sont observées, les plaques conservent longtemps toutes leurs qualités. On en trouve bien quelques-unes qui, par suite de quelque défaut de fabrication, présentent, au bout de quelques mois, un *voile marginal,* c'est-à-dire se couvrent, au développement, de taches noires généralement limitées aux bords; mais, par contre, on cite d'excellents clichés obtenus sur des plaques datant de plus de vingt ans.

La conservation des pellicules et des papiers est très incertaine, à cause des réactions que le celluloïd ou l'encollage sont susceptibles de provoquer à la longue.

Sensitométrie. — Pour connaître la sensibilité d'une émulsion, il est nécessaire d'avoir un moyen de la comparer à un étalon. Il est souvent utile d'évaluer exactement le temps de pose, et alors il faut naturellement mesurer la sensibilité de la plaque, lui appliquer un chiffre, un coefficient susceptible d'entrer dans la formule qui indiquera les calculs à effectuer.

Tel est le but de la sensitométrie. Plusieurs méthodes ont été proposées pour comparer la sensibilité des émulsions. Nous décrirons d'abord celle de Warnerke, qui est encore usitée actuellement, quoiqu'il en existe de plus précises. Elle est basée sur l'emploi d'un étalon sensitomètre éclairé par une lumière supposée constante, toujours égale à elle-même.

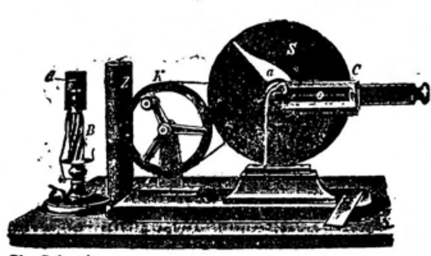
Cette lumière est celle que fournit la phosphorescence d'une plaque enduite de sulfure de calcium devant laquelle on a fait brûler un morceau de fil de magnésium. Cette phosphorescence ne peut pas dépasser une certaine intensité, quel que soit l'éclat de la source lumineuse à laquelle le sulfure a été soumis. On aurait beau brûler trois ou quatre fois plus de magnésium, la lueur émise ensuite par la plaque phosphorescente n'en serait nullement augmentée.

Quant au sensitomètre, c'est un cadre dans lequel la plaque à essayer est appliquée contre une glace sur laquelle est disposée une échelle à teintes graduées. Chaque teinte ou degré, de moins en moins translucide, porte à son centre un numéro opaque. Au numéro 1 correspond la teinte la plus légère, et le numéro 25 est celui de la teinte la moins transparente. Cette échelle graduée étant placée devant la plaque dont on veut mesurer la sensibilité, on l'approche à 1 centimètre de la plaque phosphorescente aussitôt après que celle-ci a reçu l'impression lumineuse du fil de magnésium. Au bout de 30 secondes, la plaque phosphorescente est éloignée, et l'on développe la plaque sensible. Le développement nécessite quelques précautions : produits très purs exactement dosés, température constante, durée d'action du révélateur, tous ces éléments doivent être vérifiés avec soin. Le cliché ainsi obtenu reproduit une partie de l'échelle graduée : les derniers numéros ne sont pas visibles, les teintes correspondantes qui sont les plus opaques n'ont pas transmis assez de lumière pour déterminer une

impression nettement apparente. Le dernier numéro visible est celui qui indique la sensibilité de l'émulsion.

Cette méthode ne permet que des appréciations médiocres, car elle est dépourvue de précision. L'échelle des graduations varie avec chaque écran, et d'ailleurs, même en admettant que ces différences n'existent pas au début, il reste évident que les opacités relatives se modifient à la longue. D'autre part, la source lumineuse employée ne pouvant être elle-même l'objet d'aucune mesure photométrique, il semble paradoxal d'en faire le facteur principal d'une mesure sensitométrique.

Il convient d'ajouter que, parmi les autres méthodes proposées jusqu'ici, il n'en existe aucune de parfaite. La meilleure, à notre avis, serait la méthode de Scheiner, qui est d'ailleurs depuis quelques années la plus fréquemment employée par les fabricants de plaques.



Cl. Calmels.

Fig. 73. — Sensitomètre Scheiner.

Le sensitomètre Scheiner (fig. 73) se compose :

1° D'une lampe à benzine B, dont la flamme est exactement réglée;

2° D'un disque opaque S percé d'une ouverture *a* dont la largeur va en diminuant du centre à la circonférence;

3° D'un châssis C dans lequel la plaque à essayer est placée derrière une lamelle *o* où sont découpés des chiffres et des raies formant une échelle graduée.

Le disque, disposé entre le châssis et la lampe, à 1 mètre de celle-ci, reçoit un mouvement de rotation rapide (400 à 800 tours par minute). La plaque reste exposée dans ces conditions pendant une minute. Il est évident que l'intensité de l'impression décroît d'un bout à l'autre de la plaque : le maximum correspond à l'extrémité qui fait face au centre du disque, le minimum à l'extrémité opposée. Après développement, fixage, lavage et dessiccation, la plaque est posée sur un papier blanc : le dernier chiffre ou degré visible par lumière réfléchie indique le degré de sensibilité.

Pour les plaques lentes, la source lumineuse est rapprochée d'une quantité déterminée ; on l'éloigne, au contraire, pour essayer les émulsions très sensibles.

OUVRAGES A CONSULTER

BURTON, *Fabrication des plaques au gélatinobromure,* Paris (Gauthier-Villars), 1901.

A. CHARDON. *Photographie par émulsion sèche au bromure d'argent pur,* Paris (Gauthier-Villars), 1877.

J.-M. EDER, *Système de sensitométrie des plaques photographiques,* Paris (Gauthier-Villars), 1903.

R. NAMIAS, *Theoretisch-praktisches Handbuch der photographischen chemie. I. Band : Photographische Negativprozesse und orthochromatische Photographie,* Halle a/S. (W. Knapp).

F. QUÉNISSET, *les Phototypes sur papier au gélatinobromure,* Paris (Gauthier-Villars), 1901.

H. QUENTIN, *Notes pratiques sur l'orthochromatisme,* Paris (Ch. Mendel).

E. TRUTAT, *Traité pratique de photographie sur papier négatif par l'emploi de couches de gélatinobromure d'argent étendues sur papier,* Paris (Gauthier-Villars), 1892.

L. VIDAL, *Manuel pratique d'orthochromatisme,* Paris (Gauthier-Villars), 1891.

VOGEL, *la Photographie des objets colorés avec leurs valeurs réelles,* Paris (Gauthier-Villars), 1887.

A. DELAMARRE, *les Négatifs sur papier au gélatinobromure d'argent,* Paris (H. Desforges), 1902.

C.-E.-K. MEES, *la Photographie des objets colorés,* trad. L.-P. Clerc. Paris (H. Calmels), 1910.

CHAPITRE VI

L'EXPOSITION

Chargement des châssis. — Les plaques ne doivent être extraites des boîtes qui les contiennent qu'en lumière inactinique, rouge ou verte suivant la nature de leur émulsion. Il est d'ailleurs parfaitement possible de les mettre en châssis dans l'obscurité complète; il est même nécessaire de procéder de la sorte, soit quand il s'agit de manipuler des plaques extrêmement sensibles à toutes les radiations visibles (les plaques *autochromes,* par exemple), soit lorsqu'on a des doutes sur l'inactinisme de l'éclairage dont on dispose. Avec un peu d'habitude, on distingue facilement au toucher le côté verre, qui est lisse, du côté gélatine, dont la surface est plus mate. On évite du reste toute erreur en se rappelant que les plaques sont toujours emballées couche contre couche. La première de chaque paquet se présente donc avec le côté verre en dessus; la seconde, au contraire, a l'émulsion sur la face extérieure; la troisième et la cinquième ont, comme la première, le verre en dessus, tandis que la quatrième et la sixième se présentent le verre en dessous, de même que la seconde.

Avant d'introduire une plaque dans un châssis, il convient de passer un pinceau en blaireau très doux sur la couche de gélatine, afin d'en enlever les poussières qui pourraient s'y trouver. Sans cette précaution, chaque grain opaque déterminerait une ombre qui se traduirait par une petite lacune dans l'impression lumineuse : il en résulterait autant de points transparents sur le phototype négatif et autant de points noirs sur l'épreuve positive.

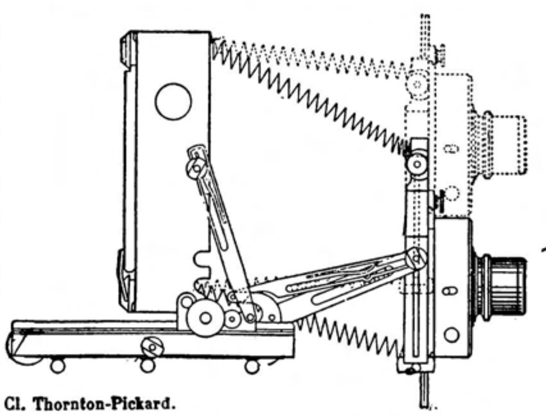
La plaque sera placée dans le châssis la gélatine en avant et le verre en arrière, excepté dans certains cas qui seront indiqués (impressions photomécaniques et chromophotographie). On veillera à ce qu'elle y soit solidement assujettie et que le ressort la main-

tienne butée contre les taquets de retenue, sans quoi l'image risquerait de manquer de netteté, si la couche sensible n'occupait pas exactement le plan déterminé par la mise au point. On s'assurera également que les taquets sont bien vissés et ne peuvent tourner d'eux-mêmes.

Quant aux pellicules en bandes, elles sont enroulées, comme on l'a vu, sur des bobines que l'on manipule en plein jour, et, pour les passer dans le *magasin,* il n'y a qu'à se conformer aux instructions du constructeur. La manœuvre varie quelque peu suivant l'appareil, mais elle est toujours d'une extrême simplicité, à la portée même d'un enfant. Il en est de même pour le *film-pack* et autres combinaisons similaires.

Installation de l'appareil. — Quand le temps de pose n'est pas réduit à une fraction de seconde, il est nécessaire de veiller à la stabilité de la chambre noire et à la rigidité de son support. Toutes les vis de serrage seront vérifiées, et l'on s'assurera, en exerçant une légère poussée sur le chariot mobile, qu'il ne bascule pas au moindre effort.

L'appareil doit être placé dans une position exactement horizontale (sauf dans quelques cas très rares et à la condition que le sujet ne contienne point de lignes droites). Si le modèle se trouve trop haut ou trop bas, s'il y a sur le verre dépoli trop ou pas assez de ciel, il faudra bien se garder d'incliner l'appareil : la mise en plaque sera rectifiée en manœuvrant le décentrement en hauteur. L'objectif sera donc monté ou descendu (fig. 74), jusqu'à ce que l'image s'encadre



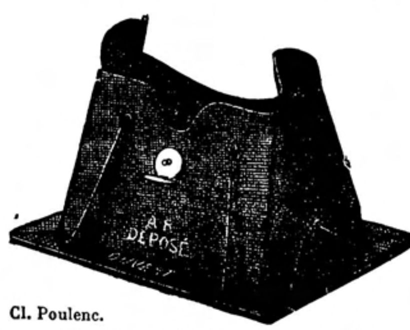
Cl. Thornton-Pickard.

Fig. 74. — Décentrement de haut en bas.

dans le verre dépoli, telle qu'on désire la reproduire. Remarquons toutefois que certaines chambres noires sont munies d'un chariot à bascule : dans ce cas, le décentrement peut s'obtenir en inclinant la base de l'appareil, mais en maintenant verticaux le châssis et la planchette d'objectif.

Ces préceptes sont également applicables aux instruments à main. Il faut veiller à leur horizontalité (c'est pourquoi tous les appareils portatifs construits avec soin sont munis d'un ou deux niveaux à bulles d'air) et décentrer, si c'est nécessaire. Malheureusement, un grand nombre de ces appareils sont dépourvus de décentrement, de sorte qu'on en est réduit à les incliner. De là ces déformations de lignes, si désagréables dans les reproductions de monuments. Le photographe en accuse à tort l'objectif; l'instrument le plus parfait ne saurait donner des lignes correctes, quand son axe n'est pas perpendiculaire au plan du modèle à reproduire, et ces images défectueuses sont imputables, non pas à l'appareil, mais à celui qui l'emploie dans de mauvaises conditions.

Mise au point. — Dans l'atelier, la mise au point s'effectue toujours à l'aide du verre dépoli; il en est de même chaque fois que la disposition de l'appareil le permet, car c'est la seule manière d'assurer la netteté des images. Pour n'être pas gêné par la lumière ambiante, l'opérateur se place sous un voile noir qui couvre la chambre noire, et, observant l'image que l'objectif projette sur le verre dépoli, il manœuvre la crémaillère qui fait avancer ou reculer le chariot mobile, jusqu'à ce que le sujet à reproduire se montre avec le maximum de netteté. Le voile est quelquefois remplacé par un cône souple (fig. 75) adapté à l'arrière-corps et terminé par un œilleton à travers lequel on observe l'image. Une disposition analogue sert à régler la mise au point dans les appareils portatifs du type *reflex* (fig. 20).



Cl. Poulenc.

Fig. 75. — Cône de mise au point.

Pour y voir plus clair, quand l'éclairage est faible, certains photographes mettent au point avec la plus grande ouverture de l'objectif, qu'ils ne diaphragment qu'après. Il faut éviter de procéder ainsi, car la distance focale est plus ou moins modifiée par l'ouverture : le diaphragme, en effet, arrête les rayons marginaux dont le foyer est plus court que les rayons centraux; une très petite ouverture ne laisse passer que les rayons dont le foyer est plus éloigné du centre optique. On devra donc, autant que possible, mettre au point avec le diaphragme qui servira pendant la pose, ou tout au moins avec une ouverture peu différente.



Fig. 76. — Loupe de mise au point.

La mise au point, quand on la veut très précise, est facilitée par l'emploi d'une loupe. La fig. 76 en montre un modèle très soigneusement construit par M. Krauss. Les lentilles achromatiques sont serties dans une douille à mouvement hélicoïdal que l'on peut immobiliser en tournant une bague de serrage. Le réglage une fois effectué, suivant la vue de l'opérateur, celui-ci n'a qu'à appliquer la base de la monture sur le verre dépoli, pour observer avec le maximum de netteté et de grossissement les images qui s'y forment.

Certains travaux de reproduction exigent une netteté parfaite. La loupe de mise au point est alors remplacée par un microscope



Fig. 77. — Microscope de mise au point.

composé, dont la fig. 77 montre la forme extérieure et, en demi-coupe, la disposition intérieure du système optique.

Dans certains appareils portatifs, la mise au point se fait *au*

juger. Le chariot mobile porte un index qui se déplace en regard d'une échelle graduée sur laquelle sont inscrites des distances. L'opérateur évalue l'éloignement de l'objet qu'il désire reproduire avec le maximum de netteté et amène l'index devant le chiffre correspondant. Il va sans dire que cette évaluation ne saurait être qu'approximative. Néanmoins, en se bornant aux petits formats, on obtient d'ordinaire des images suffisamment nettes.

La mise au point achevée, il faut avoir soin de tourner la vis ou le levier qui empêchent le chariot mobile de se déplacer.

Temps de pose. — L'évaluation du temps de pose est certainement la partie la plus délicate des opérations photographiques. La complexité du problème à résoudre résulte de l'extrême variabilité des éléments dont il faut tenir compte : sensibilité de la plaque, ouverture relative de l'objectif, intensité de l'éclairage, effet à réaliser.

Chaque marque de plaques a sa sensibilité propre. On trouve même des différences pour la même marque, non seulement d'une boîte à une autre, mais même d'une plaque à une autre enfermée dans le même paquet. Cependant ces différences sont peu importantes. Aujourd'hui, la fabrication est suffisamment régulière pour que la sensibilité de chaque marque puisse être considérée comme pratiquement constante. Ce n'est pas de là que viennent les erreurs d'évaluation.

L'erreur peut encore moins provenir de l'objectif, puisque sa luminosité est indiquée par l'ouverture du diaphragme. Un objectif dont l'ouverture est de F : 10 possède sensiblement la même luminosité qu'un objectif d'égale ouverture relative, alors même que les deux instruments seraient de constructions toutes différentes. Ceci n'est cependant pas rigoureusement exact : si l'un des deux objectifs offre un plus grand nombre de surfaces réfléchissantes ou si les verres en sont légèrement colorés, sa rapidité sera diminuée par l'absorption de lumière. Toutefois, comme cette absorption est constante, il sera facile d'en tenir compte en prolongeant légèrement la pose, et le photographe habitué à se servir d'un objectif n'éprouvera aucun mécompte de ce chef.

Il n'en est pas de même pour l'éclairage.

L'éclat de la lumière varie suivant les pays, suivant les saisons, suivant l'heure du jour, l'état du ciel et l'état hygrométrique de

l'atmosphère. Son intensité est modifiée par les milieux plus ou moins transparents qu'elle doit traverser, par l'éloignement du sujet à photographier, par les reflets émanés des objets environnants. De là l'extrême complexité du calcul des temps de pose et la difficulté qu'éprouve à l'évaluer exactement même le praticien accoutumé à ces incessantes variations.

Les tableaux suivants indiquent la valeur relative de ces éléments variables.

A. — Coefficients de clarté.

(*Le temps de pose pour l'ouverture relative normale f/10 étant pris pour unité, le temps de pose pour une ouverture relative quelconque, toutes choses égales d'ailleurs, sera donné par ce tableau.*)

DIAMÈTRE D'OUVERTURE UTILE DU DIAPHRAGME	TEMPS DE POSE	DIAMÈTRE D'OUVERTURE UTILE DU DIAPHRAGME	TEMPS DE POSE
f/2,5	0,06	f/8	0,64
f/3	0,09	f/10	1,00
f/3,5	0,12	f/15	2,25
f/4	0,16	f/20	4,00
f/5	0,25	f/30	9,00
f/6	0,36	f/40	16,00
f/7	0,49	f/50	25,00

B. — Coefficients d'époque.

HEURES		JUIN	MAI JUILLET	AVRIL AOUT	MARS SEPTEMBRE	FÉVRIER OCTOBRE	JANVIER NOVEMBRE	DÉCEMBRE
Midi.		1	1	1,5	1,5	1,5	2,5	4
11 h. matin.	1 h. soir.	1	1	1,5	1,5	2	3	5
10 —	2 —	1	1	1,5	2	2	4	6
9 —	3 —	1	1,5	1,5	2	3	6	
8 —	4 —	1,5	1,5	2	3	6		
7 —	5 —	2	2,5	3	6			
6 —	6 —	3	3,5	6				
5 —	7 —	5	6					
4 —	8 —	12						

C. — Coefficients d'éclat intrinsèque.

SUJETS	EN PLEIN SOLEIL	A LA LUMIÈRE DIFFUSE	CIEL COUVERT	TEMPS SOMBRE	TEMPS TRÈS SOMBRE
Nuages	0,5	1	1,5	3	5
Marines, sujets éloignés	1	2	4	6	10
Effets de neige	3	6	12	18	30
Marines, sujets rapprochés	2	4	8	12	20
Paysages, avant-plan rapproché Eau et feuillages Monuments, avant-plan bien éclairé	4	8	16	24	40
— — dans l'ombre	8	12	24	36	80
Feuillages épais à l'avant-plan Groupes, sujets de genre en plein air	12	20	40	60	100
Portraits à l'intérieur, au moins	20	40	80	120	200

Si l'on fait usage de plaques rapides, le temps de pose est donné directement, *en centièmes de seconde,* par le produit de trois facteurs pris dans les tableaux A, B et C. Soit, par exemple, un paysage, en plein soleil, à photographier en septembre, à 3 heures du soir, avec un objectif dont l'ouverture est de *f*/5. Les facteurs correspondant à ces conditions sont : 4 (tableau C), 2 (tableau B) et 0,25 (tableau A). En les multipliant l'un par l'autre, nous obtenons :

$$4 \times 2 \times 0{,}25 = 2 \text{ centièmes de seconde.}$$

Si nous avions à employer dans les mêmes circonstances une émulsion 3 fois moins sensible, le produit devrait évidemment être multiplié par 3. En réalité donc, le calcul du temps de pose consistera à trouver le produit de quatre facteurs, et quelques essais préliminaires seront utiles pour déterminer le coefficient de sensibilité de l'émulsion utilisée.

Le résultat de ce calcul n'est d'ailleurs qu'une indication approximative, une base d'appréciation, utile sans doute, mais qui ne dispense pas le photographe d'une étude attentive. Seule une longue pratique le mettra en garde contre les sources d'erreur, sans cependant l'en préserver entièrement, car, sur ce point si délicat des opérations photographiques, les plus expérimentés eux-mêmes

sont exposés à se tromper, surtout en plein air. Dans l'atelier, le professionnel journellement habitué à son éclairage finit par s'en rendre maître et par connaître toutes les particularités météorologiques susceptibles de modifier la durée normale de la pose.

Un précepte à ne pas perdre de vue dans cette évaluation, c'est qu'il vaut mieux poser trop que pas assez. Il est toujours difficile de remédier à la sous-exposition; il est même impossible de faire apparaître, soit au développement, soit au renforcement, les détails qui manquent complètement, tandis qu'on peut arriver à tirer parti d'un cliché surexposé même très fortement : d'après von Hübl, un développement bien conduit permet de corriger une pose 500 fois trop longue.

Cependant, ce précepte même n'a rien d'absolu, car le temps de pose normal doit être modifié suivant l'effet à réaliser : en le prolongeant, on atténue les duretés d'un sujet à contrastes exagérés; en l'abrégeant, on accentue, au contraire, un modelé trop plat.

Photomètres. — La détermination du temps de pose à l'aide des tableaux précédents exige un calcul bien simple, mais qui rebute néanmoins la plupart des photographes. Par ailleurs, tous les éléments de ce calcul n'offrent pas le même degré de certitude : l'ouverture du diaphragme, la saison, l'heure du jour, sont connues avec précision, mais il n'en est pas de même pour l'éclat intrinsèque du sujet, qui varie suivant l'état du ciel, la limpidité de l'atmosphère, les poussières qui peuvent s'y trouver en suspension, la distance des divers éléments du tableau, l'intensité et surtout les couleurs des reflets qui en modifient l'éclairage.

Certains amateurs préfèrent se fier à leur longue pratique, à leur expérience, et consulter un carnet de notes où ils retrouvent, parmi leurs précédents essais, des exemples en apparence identiques à l'opération qu'ils vont exécuter. Et souvent ils se trompent, parce que, si le carnet de poses fournit des indices certains sur la saison et l'heure, il ne saurait en être de même relativement à la situation du sujet et aux circonstances atmosphériques. Ce carnet, d'ailleurs, n'est plus d'aucune utilité au photographe qui voyage et commence à opérer sous un climat nouveau, dont les particularités atmosphériques ne lui sont pas encore connues.

De là l'utilité des instruments qui font connaître automatique-

ment le temps de pose, non pas d'une manière absolument précise, mais avec une approximation pratiquement suffisante, les erreurs résultant de leurs indications restant toujours susceptibles d'être compensées par un développement bien conduit.

On en distingue deux catégories : les *photomètres optiques,* basés sur l'action physiologique de la lumière, et les *actinomètres,* basés sur son action chimique. On a imaginé un grand nombre de photomètres, de l'une et l'autre catégorie, mais la plupart ne diffèrent les uns des autres que par des détails de construction peu importants, en sorte qu'il suffira de décrire seulement les plus répandus.

Les photomètres optiques, fondés sur la sensibilité de notre rétine, comparent l'éclairage du sujet à la lumière la plus faible que notre œil soit capable de percevoir. Il suffit, à cet effet, d'interposer entre l'œil et le sujet un écran plus ou moins diaphane et dont on peut évaluer la transparence.

Tel est, par exemple, le *photomètre normal* de Degen (fig. 78). Un étui percé d'un œilleton contient deux réglettes dont l'une porte une graduation correspondant aux diaphragmes, tandis que la seconde sert à faire glisser l'un sur l'autre deux prismes en verre violet dont la superposition forme un écran de transparence variable, suivant l'épaisseur du verre coloré que la lumière a à traverser.

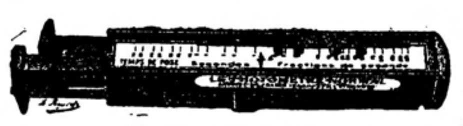


Fig. 78. — Photomètre.

Pour évaluer le temps de pose, on place l'index de la réglette des diaphragmes sur le chiffre correspondant à l'ouverture de l'objectif, on vise dans l'œilleton l'objet à photographier, et l'on tire la réglette des prismes jusqu'à ce que l'objet visé disparaisse presque complètement. On n'a plus alors qu'à lire, sur la graduation extérieure, le temps de pose exprimé en secondes et fractions de seconde. Cette graduation comprend quatre index qui correspondent aux plaques lentes, rapides, extra-rapides et ultra-rapides.

Les photomètres optiques font connaître en un instant le temps de pose, mais, comme les indications qu'ils fournissent dépendent d'une sensation physiologique, elles sont parfois entachées de quelque incertitude. L'impression que produit la lumière sur la

rétine est variable d'un opérateur à l'autre : l'un pourra encore apercevoir une lueur dans le photomètre, quand un autre n'y distinguera rien. Cette impression n'est même pas constante pour le même opérateur. L'état de repos ou de fatigue de l'œil influencent plus ou moins l'appréciation, et un observateur qui est resté longtemps en pleine lumière extérieure ne verra pas dans le photomètre le même degré d'opacité que celui qui sort à peine d'un appartement peu éclairé. Toutefois, il est assez facile de tenir compte de cette cause d'erreur, puisqu'on est prévenu que l'œil ébloui juge la lumière plus faible qu'elle n'est réellement et a une tendance à prendre un temps de pose trop long. Du reste, il suffit de fermer les yeux pendant quelques instants, avant l'observation photométrique, pour que la vue soit notablement reposée de l'éclat de la lumière ambiante.

Il faut aussi tenir compte des couleurs du sujet et de la différence qui existe entre la sensibilité chromatique de notre œil et celle des émulsions, même orthochromatiques. Notre œil est surtout sensible au vert, au jaune et au rouge-orangé, tandis que le gélatinobromure l'est principalement au bleu, au violet et même à l'ultra-violet que nous ne voyons pas du tout. C'est pour compenser cette différence que les prismes du photomètre de Degen sont en verre violet.

Les *actinomètres* (de ἀκτίς, rayon, et μέτρον, mesure) font connaître le temps de pose d'après celui qu'emploie à prendre une teinte déterminée un papier sensible à la lumière dirigé vers le sujet. Ils sont basés sur ce fait d'expérience que, si notre œil ne sait pas apprécier exactement le rapport existant entre deux tons différents, il juge assez bien si deux tons contigus sont ou non identiques. A cet effet, une bande de papier sensible est enfermée dans une boîte percée d'une ouverture sur les côtés de laquelle sont peintes deux teintes peu différentes l'une de l'autre. Le papier exposé au jour brunit progressivement et, avant de noircir, passe successivement par les deux teintes servant d'étalons comparatifs. On arrête l'opération quand le papier, ayant légèrement dépassé la teinte la plus claire, n'a pas encore atteint la teinte la plus foncée. Connaissant le temps qui s'est écoulé pour passer du blanc pur à cette teinte moyenne, il est très facile d'en déduire le temps de

pose : il suffit de consulter une table dans laquelle il est tenu compte de l'ouverture de l'objectif et de la sensibilité des principales marques de plaques. Cette table est généralement gravée sur le boîtier même de l'instrument.

Le *pose-mètre*, de Watkins (fig. 79), est un actinomètre. Le mode d'emploi en est bien facile : on dirige vers le sujet à reproduire l'ouverture sous laquelle on aperçoit le papier sensible; on tire la bande de papier, de manière à découvrir une nouvelle surface non encore impressionnée, entièrement blanche, par conséquent, et l'on consulte une montre, afin de savoir le temps qui s'écoulera avant que le papier ait pris la teinte voulue. Ce temps une fois connu, le temps de pose est donné par la table qui accompagne l'instrument.



Cl. Kodak.
Fig. 79. — Actinomètre.

Les indications ainsi recueillies sont assez sûres, du moins dans le milieu de la journée. A l'aurore et au crépuscule, il faut se méfier de la différence que présentent pour les rayons de différentes couleurs la sensibilité du papier et celle des émulsions. Il existe cependant des actinomètres où cette différence a été prévue. C'est ainsi que le *pose-mètre* de Watkins est construit avec un cadran spécial pour les plaques autochromes.

On peut reprocher aux actinomètres la lenteur avec laquelle le papier prend la coloration voulue, quand il est dirigé vers un sujet faiblement éclairé. Enfin, il est parfois incommode de tenir l'instrument constamment braqué dans la même direction, pendant que l'on consulte sa montre, surtout s'il faut en même temps surveiller et maintenir la chambre noire ébranlée par le vent.

Temps de pose des sujets en mouvement. — On désigne sous la dénomination très impropre d'*instantanés* les phototypes exécutés en moins d'une seconde. Quand il s'agit de reproduire un sujet en mouvement, le temps de pose déterminé d'après les indications précédentes serait presque toujours trop long pour avoir une image nette. Le temps de pose est alors déterminé d'après le déplacement apparent du sujet. Le plus souvent, le cliché impres-

sionné dans ces conditions sera sous-exposé, mais on pourra y remédier, dans une certaine mesure, à l'aide d'un développement bien conduit, et l'essentiel est d'obtenir une image dont les contours ne soient pas doublés ou déformés.

Le déplacement apparent du sujet dépend non seulement de sa vitesse réelle, mais encore de sa distance et de la direction dans laquelle il se déplace. Un objet qui s'avance vers l'objectif ou qui s'en éloigne se déplace apparemment beaucoup moins vite qu'un objet qui passe perpendiculairement à l'axe optique. L'image d'un objet éloigné étant plus petite que celle d'un objet rapproché, il est clair que le déplacement du premier est moins apparent que celui du second, à vitesses réelles égales.

De là quelques indications des vitesses qu'il convient de donner à l'obturateur, suivant la nature du sujet et les circonstances de la pose.

Une vitesse d'obturation de 1/20 de seconde suffit pour les objets qui se déplacent très lentement et se trouvent placés à une distance 150 fois supérieure à la distance focale. C'est dans ces conditions que peuvent être photographiés les navires dans le port, les vagues lentes, le bétail au pâturage. Pour le portrait, le modèle peut être approché jusqu'à 20 fois la distance focale.

En 1/50 de seconde, on peut reproduire des scènes dont le mouvement est lent, un homme en marche à une distance 150 fois supérieure au foyer de l'objectif (son image sur le verre dépoli n'a pas plus de 1 centimètre). On peut reproduire aussi des scènes plus rapides, si l'objet mobile se déplace obliquement, et, à plus forte raison, s'il s'approche ou s'il s'éloigne de l'appareil.

L'instantané à 1/100 de seconde permet de prendre des chevaux au galop, à la distance de 250 fois le foyer, s'ils viennent vers l'opérateur. La même vitesse est applicable aux vagues rapides.

En réduisant l'exposition à 1/300 de seconde, on reproduit des scènes de rue, des chevaux galopant obliquement par rapport à l'axe optique, des cyclistes à allure modérée et à une distance 100 fois plus grande que le foyer employé.

Enfin, les obturateurs fonctionnant à 1/500 et à 1/1000 de seconde sont nécessaires pour aborder la photographie des chevaux

de course, des automobiles et des trains en marche, des oiseaux ou des aéroplanes en plein vol.

Prise du sujet. — La mise au point étant réglée, on ferme l'objectif, soit en plaçant le bouchon sur le parasoleil, soit en armant l'obturateur. On remplace ensuite le verre dépoli par le châssis, et l'on ouvre le volet pour démasquer la plaque. Cette manœuvre a généralement pour effet d'ébranler plus ou moins la chambre noire montée sur un pied pliant, dont la rigidité laisse presque toujours à désirer. Il importe donc que les vibrations ainsi communiquées à l'appareil aient cessé avant d'ouvrir l'objectif, sans quoi les contours des images seraient doublés. Il en serait de même si l'on retirait trop brusquement le bouchon. L'obturation pneumatique est, sous ce rapport, bien préférable, car, si le mécanisme en est bien équilibré, il n'y a point de secousse au moment de l'ouverture. De plus, l'opérateur n'est plus obligé de regarder l'objectif et peut concentrer toute son attention sur le sujet à reproduire.

Si l'on se sert d'un appareil à main, on veillera à son horizontalité, au moment de la pose, en jetant un coup d'œil sur le niveau d'eau, avant de presser la détente.

Artifices divers. — Dans les reproductions de paysages, une difficulté résulte souvent de la grande différence de luminosité entre les diverses parties du tableau. Il arrive que les lointains sont surexposés, tandis que les premiers plans ont reçu une pose à peine suffisante ou même manquent de détails dans les ombres. Pour le même motif, les détails du ciel sont masqués par la surexposition, ou bien, si l'on abrège l'exposition de manière à reproduire fidèlement le modelé des nuages ou les gradations délicates d'un ciel pur, alors c'est le terrain qui n'est plus détaillé et présente des contrastes trop durs, sans demi-teintes.

Le moyen d'y remédier est connu depuis longtemps. Il suffit d'employer un obturateur à volet, comme celui de Guerry, et de le faire fonctionner lentement : le volet s'ouvrant de bas en haut, il est facile de comprendre que les premiers plans poseront plus longuement que les lointains, et que le ciel ne sera démasqué que pendant un instant beaucoup plus court.

Néanmoins, l'obturateur de Guerry est actuellement abandonné

des touristes, parce qu'il est relativement volumineux. On arrive au même résultat à l'aide d'un écran bien simple, représenté fig. 80. C'est une lamelle opaque montée sur l'objectif et qui, suivant sa position, arrête plus ou moins les radiations venues du ciel; le bord inférieur en est dentelé, de manière à adoucir les contrastes à proximité de la ligne de démarcation. Il faut éviter de placer cette lamelle trop près du centre optique. En effet, si elle se trouvait dans une position voisine des diaphragmes, elle n'aurait d'autre effet que de diminuer la quantité de lumière transmise par l'objectif; le temps de pose en serait prolongé, et toutes les parties de l'image s'en trouveraient également assombries. Plus la lamelle est éloignée de l'objectif, plus son interposition est efficace pour déterminer une différence d'impression entre le haut et le bas de l'image. Si l'objectif est de forme très courte, s'il n'est pas muni d'un parasoleil, il ne faudra pas placer la lamelle directement contre la lentille frontale, mais bien sur une bague additionnelle qui allongera légèrement la monture. Il ne faut d'ailleurs pas exagérer l'écartement, car la partie supérieure du tableau finirait par ne plus être du tout impressionnée.



Fig. 80. — Écran de ciel.

C'est à l'aide d'une disposition analogue que sont obtenus ces portraits-bustes en dégradé sur fond noir, que l'on appelle ordinairement *fond russe*. Le modèle pose devant un panneau noir, et l'objectif est muni d'un tube à l'extrémité duquel est disposé un *dégradateur*. On désigne sous ce nom une plaque percée d'une ouverture dont la forme se rapproche de celle du buste et de la tête. Comme elle est placée assez loin du plan focal, ses contours se dessinent très flous, très estompés, sur le verre dépoli.

Les vignettes sur fond blanc exigent l'emploi d'un dégradateur pendant le tirage positif, mais généralement on estompe préalablement la partie inférieure au moment de la pose, à l'aide d'un écran partiel interposé en avant de l'objectif. L'appareil d'atelier

représenté fig. 1 (V. p. 17) porte, à sa partie antérieure (partiellement masquée par l'avant-corps), un cadre destiné à recevoir des planchettes évidées pour les portraits-vignettes.

Pour compenser les différences d'actinisme, les plaques orthochromatiques dont la couche n'est pas colorée en jaune exigent presque toujours l'interposition d'un écran de même couleur. Le meilleur moyen de réaliser une compensation parfaite est d'employer l'écran liquide qui a été décrit au chapitre précédent; mais cette solution n'est pas pratique en excursion, et la plupart des photographes préfèrent se servir d'un écran en verre coloré. Un verre quelconque ne suffit pas, car, si les surfaces n'en sont pas exactement planes et parallèles, le meilleur objectif ne donnera plus que des images déformées. Il faut utiliser des verres spéciaux, optiquement dressés. Ce sont généralement des verres blancs sur lesquels a été coulée une couche de gélatine colorée. Les colorants employés à cet effet (tartrazine, jaune naphtol, etc.) sont, pour la plupart, assez fugaces à la lumière; aussi convient-il de conserver les écrans dans une boîte, jusqu'au moment de la pose. On fabrique cependant, depuis quelque temps, des verres colorés dans la masse et dont la teinte offre toutes les garanties désirables de stabilité.

Les écrans jaunes prolongent naturellement la durée de l'exposition. Leur coloration est plus ou moins intense, suivant l'effet à obtenir. Aussi les constructeurs y inscrivent-ils un chiffre indiquant dans quelle proportion doit être prolongée la pose. Le temps normal d'exposition étant déterminé, soit à l'aide du calcul basé sur les indications des tables A, B et C (p. 117 et 118), soit à l'aide d'un photomètre, on le multipliera par le facteur numérique inscrit sur l'écran jaune.

Lumière artificielle. — Il a été déjà fait une brève allusion à la lumière artificielle utilisée dans l'atelier. Mais là ne se limitent pas ses applications : les reproductions d'intérieurs, la photographie au théâtre, dans les grottes, les souterrains, les mines, en exigent l'emploi, et il n'est pas jusqu'aux fonds sous-marins qui n'aient été explorés par la plaque sensible, grâce à son concours.

Dans les industries photomécaniques, les reproductions sont généralement exécutées à la lumière électrique, qui possède sur

le magnésium l'avantage de la continuité joint au silence et à l'absence de fumée. L'arc voltaïque, surtout en vase clos, donne un éclairage très actinique et économique. Depuis quelques années, on utilise aussi la lampe à mercure, de Cooper-Hewitt, dont la lumière blafarde, assez désagréable à la vue, est pourtant très riche en rayons chimiques et se prête on ne peut mieux aux opérations photographiques.

Dans les applications qui exigent des appareils portatifs, on n'a presque jamais recours à la lumière électrique, et c'est le magnésium ou l'aluminium en poudre qui sont généralement employés, seuls ou combinés avec des substances comburantes (salpêtre, chlorate de potasse, bioxyde de manganèse, etc.).

Les métaux pulvérisés seuls brûlent moins vite dans l'air que lorsqu'ils sont mélangés à des sels qui leur cèdent l'oxygène nécessaire à leur combustion, mais ils fournissent plus de lumière, parce qu'il n'y a pas de solide à échauffer et qu'il se dégage moins de fumée. Le meilleur rendement est obtenu en allumant le métal seul dans l'oxygène pur ou dans le jet oxhydrique; mais la complication de l'installation fait presque toujours renoncer à cette combinaison, malgré ses avantages.

Lorsqu'on fait brûler le magnésium ou l'aluminium à l'air libre, la poudre métallique est projetée sur une flamme à alcool ou sur un petit brasier, soit à l'aide d'une longue cuiller, soit à l'aide d'un dispositif pneumatique qui permet de faire jaillir l'éclair à distance. Dans ce dernier cas, la pression d'une poire de caoutchouc chasse à l'extérieur une certaine quantité de poudre métallique, qui s'enflamme au contact d'une lampe allumée.

Quant aux mélanges de poudres métalliques et de substances comburantes, ils sont généralement enfermés dans de petites cartouches que l'on enflamme à distance, soit au moyen d'une mèche nitrée, soit par une étincelle électrique, ou encore par l'intermédiaire d'un déclic mécanique et d'une capsule de fulminate.

Les mélanges qui contiennent du salpêtre ou du chlorate de potasse sont des explosifs, qu'il ne faut manipuler qu'avec les plus grandes précautions. Le permanganate de potasse n'offre presque aucun danger. Eder indique le mélange suivant comme permettant de travailler en toute sécurité :

Permanganate de potasse pulvérisé	3 parties.
Poudre de magnésium	4 —

MM. Lumière et Seyewetz ont combiné, en 1910, une poudre à la fois très photogénique et peu dangereuse. Le comburant employé est le perchlorate de potasse, qui, malgré son pouvoir oxydant très énergique, n'offre pas les dangers du chlorate, dont les explosions spontanées ont été la cause de fréquents accidents. Les mélanges de perchlorate de potasse et de magnésium ou d'aluminium résistent aux chocs, qui, avec le chlorate, déterminent de violentes détonations. Cette stabilité permet d'utiliser en toutes circonstances les poudres au perchlorate. On obtient une poudre douée d'un très grand pouvoir actinique et brûlant très rapidement, en mélangeant avec soin :

Magnésium en poudre tamisé au tamis 120.........	2 parties.
Perchlorate de potasse pulvérisé et tamisé de même.	1 —

On peut remplacer le magnésium par l'aluminium, mais ce dernier métal ne s'enflamme facilement que s'il est réduit en poudre d'une extrême finesse et telle que le métal adhère aux vases qui le renferment, en formant une couche brillante. Ces poudres au perchlorate conviennent à la photographie des couleurs instantanée sur plaques autochromes : nous y reviendrons au livre IV.

L'inconvénient le plus grave de l'éclairage par combustion de métaux est la fumée abondante que dégage chaque éclair. Un grand nombre de combinaisons ont été essayées, mais, s'il existe des poudres qui produisent moins de fumée que d'autres, il n'y a point, jusqu'à présent, pour la photographie, de *poudre sans fumée*. Le mélange qui en produirait le moins semble être celui-ci :

Bioxyde de manganèse	10 gr.
Magnésium en poudre..........................	10 —

Le magnésium doit être réduit en poudre très fine, et le bioxyde de manganèse, également en poudre impalpable, ne garder aucune trace d'humidité. Mais si ce mélange produit moins de fumée que les précédents, la combustion en est plus lente, et l'éclat moins brillant.

Toutefois, s'il n'est pas possible d'empêcher la fumée de se produire, on peut du moins l'empêcher de se répandre. On y parvient

à l'aide des capteurs de fumée. Dans les ateliers, la difficulté a été facilement surmontée, comme on l'a vu dans le chapitre IV, par l'emploi d'une cage vitrée communiquant avec l'extérieur par un tuyau qui laisse échapper la fumée. Dan les installations portatives, il est souvent impossible de canaliser ainsi la fumée jusqu'au dehors. On fait alors jaillir la lumière dans des boites pliantes d'où la fumée ne peut s'échapper. Nous citerons, dans cet ordre d'idées, l'appareil *Idéal,* de M. d'Osmond. Le capteur de fumée se compose d'une enveloppe maintenue par des arceaux et rappelant la forme de certaines lanternes vénitiennes, connues sous le nom de *ballons,* ou encore une double capote de cabriolet. Repliée, cette double capote laisse parfaitement dégagée la charge de magnésium placée en dessous; au moment où jaillit la lumière, aucun obstacle n'en diminue l'éclat. Mais, aussitôt que s'est produit l'éclair, la capote se ferme automatiquement d'un mouvement brusque et emprisonne la fumée. On n'a plus alors qu'à décrocher le ballon de son support et à l'emporter au dehors, où on l'ouvre pour laisser échapper la fumée.

Quel que soit le système adopté, il est rare qu'on n'éclaire le sujet que par un seul foyer : les images obtenues dans de semblables conditions se montreraient trop dures, les contrastes en seraient exagérés, et les demi-teintes manqueraient. Aussi dispose-t-on d'ordinaire plusieurs sources de lumière, combinées de manière à produire un éclairage plus doux. Si toutes les sources de lumière se trouvent du même côté du modèle, on donnera un léger éclairage au côté opposé, à l'aide d'écrans blancs qui réfléchiront la lumière en la diffusant. Si l'on répartit les sources lumineuses de chaque côté du sujet, il faudra éviter qu'elles s'y trouvent en nombre égal à droite et à gauche, car on tomberait alors dans le défaut contraire, et l'éclairage serait trop plat. On disposera, par exemple, trois lampes à droite et une seule à gauche, ou *vice versa.*

Le nombre des foyers, la quantité de poudre à brûler, dépendent évidemment de l'étendue de la scène à reproduire et, s'il s'agit d'un intérieur, de la couleur des parois. Pour un portrait, la lumière bien diffusée d'une seule lampe pourra suffire, tandis que pour une vaste nef, un hall, un jardin, il en faudra une dizaine

et même bien davantage. Il est impossible de préciser la quantité de poudre à brûler, car elle dépend non seulement de la composition du mélange employé, mais aussi des dimensions de la pièce et du pouvoir réfléchissant des murs, du plafond et des objets environnants. Cependant nous pouvons indiquer, à titre d'exemple, que pour un portrait sur plaque rapide avec un objectif diaphragmé à *f*/5, il faudra environ 1/2 gramme de poudre Lumière au perchlorate. Pour un groupe de 4 ou 5 personnes, il en faudrait 1 à 2 grammes.

Les scènes photographiées la nuit (rues, salles de spectacle ou de bal) comportent généralement des foyers lumineux (réverbères, candélabres, girandoles, lampions, etc.) qui seront visibles sur la photocopie et qui détermineraient un halo, si l'on faisait usage de plaques ordinaires. On aura donc soin, en pareil cas, de n'employer que des plaques anti-halo.

Parfois, la lumière artificielle est combinée avec la lumière du jour, et certains artistes ont produit de la sorte des œuvres très remarquées. C'est ainsi qu'il est possible d'obtenir de beaux portraits dans une chambre ordinaire. Le modèle étant éclairé de face par la fenêtre, si l'appareil est placé entre le modèle et la fenêtre, on n'aura qu'une image sans relief. Mais, si l'on dispose, à droite ou à gauche du modèle, un peu plus haut que sa tête, une lampe à magnésium, cet éclairage supplémentaire convenablement dosé donnera au modelé tout le relief nécessaire. Les contrastes seront très accusés si la pose est très réduite, parce que l'éclairage latéral sera alors prépondérant; si, au contraire, la pose est prolongée et la charge de magnésium réduite, alors c'est l'éclairage de face qui fournira l'effet prédominant, et les contrastes seront adoucis.

C'est également en combinant la lumière diurne avec l'éclair magnésique que l'on réalise les effets de lampe ou de foyer. La source de lumière artificielle est dissimulée, soit sous l'abat-jour d'une lampe à pétrole, soit à l'intérieur d'une cheminée, à la place qu'y occupe d'ordinaire le combustible. L'éclair est allumé à l'aide d'une transmission pneumatique ou électrique, le tube de caoutchouc ou les fils conducteurs étant soigneusement dissimulés, de manière à demeurer invisibles sur l'épreuve. Le sujet semble ainsi éclairé par la lampe ou par le feu que l'on suppose allumé dans la

cheminée, et, en même temps, l'éclairage de face venu de la fenêtre atténue les contrastes, qui seraient trop heurtés si la scène n'était éclairée que par la combustion du magnésium.

OUVRAGES A CONSULTER

Agle, *Manuel pratique de photographie instantanée*, 2e tirage, Paris (Gauthier-Villars), 1891.

H. Boursault, *Calcul du temps de pose en photographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1896.

G. de Chapel d'Espinassous, *Traité pratique de la détermination du temps de pose*, Paris (Gauthier-Villars), 1890.

A. Clément, *Méthode pratique pour déterminer exactement le temps de pose*, Paris (Gauthier-Villars), 1889.

F. Dillaye, *Principes et Pratique d'art en photographie. Le paysage*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.

Fleury-Hermagis et Rossignol, *Traité des excursions photographiques*, Paris (Rougier et Cie), 1889.

H. Fourtier, *les Lumières artificielles en photographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1895.

A. de la Baume Pluvinel, *le Temps de pose*, Paris (Gauthier-Villars), 1890.

A. Londe, *la Photographie instantanée théorique et pratique*, 3e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1897.

A. Londe, *la Photographie à l'éclair magnésique*, Paris (Gauthier-Villars), 1905.

A. Londe, *la Photographie à la lumière artificielle*, Paris (O. Doin et fils), 1914.

A. Mazel, *la Photographie artistique en montagne*, Paris (Ch. Mendel), 1902.

A.-Pierre Petit, *la Photographie simplifiée et la Lumière artificielle*, Paris (Gauthier-Villars), 1903.

C. Puyo, *Notes sur la photographie artistique*, Paris (Gauthier-Villars), 1896.

Ris-Paquot, *Manuel pratique de photographie à la lumière artificielle*, Paris (Ch. Mendel), 1904.

H.-P. Robinson, *la Photographie en plein air*, 2 vol. (3e édition), Paris (Gauthier-Villars), 1899.

H.-P. Robinson, *les Eléments d'une photographie artistique*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.

L. Vidal, *Calcul des temps de pose et Tables photométriques*, 2e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1884.

Vogel, *la Photographie des objets colorés avec leurs valeurs réelles*, Paris (Gauthier-Villars), 1887.

E. Pitois, *le Secret du temps de pose*, Paris (Librairie Delagrave), 1921.

CHAPITRE VII

LE DÉVELOPPEMENT

Image latente. — Les sels d'argent qui n'ont été exposés à la lumière que pendant très peu de temps ne se distinguent pas, à première vue, de ceux qui ont été conservés dans l'obscurité. Ainsi, une plaque au gélatinobromure impressionnée dans la chambre noire ne diffère apparemment en rien de ce qu'elle était auparavant. On n'y remarque aucune trace d'image, et cependant il est facile de la faire apparaître, à l'aide de divers réactifs.

On appelle *image latente* l'impression invisible déterminée par la lumière; *révélateurs*, les réactifs employés pour la rendre visible; et *développement*, l'opération par laquelle l'image est révélée. Cette image est *négative :* les ombres du modèle n'ayant pas impressionné l'émulsion lui laissent son aspect primitif, tandis que les parties correspondant aux blancs se trouvent noircies par le révélateur. Le développement achevé, l'image est fixée dans une solution d'hyposulfite de soude, qui dissout le bromure d'argent que le révélateur n'a pas décomposé. Les noirs du sujet se trouvent ainsi représentés par la gélatine transparente, tandis que les gris et les blancs sont traduits par l'argent réduit à l'état métallique, d'autant plus opaque que l'impression lumineuse a été plus intense.

La nature de l'image latente a soulevé des controverses qui durent encore et suggéré des hypothèses qu'il n'a pas été possible, jusqu'ici, d'étayer sur des bases inébranlables. Quelle est, au juste, la modification que subit le bromure d'argent rapidement exposé à la lumière? Pour les uns, c'est une action chimique, tandis que les autres y voient une action physique.

Les partisans de la théorie chimique supposent que l'action lumineuse réduit partiellement le bromure d'argent et le transforme en un sous-bromure très instable, facilement décomposé par les révé-

lateurs, qui sont des substances réductrices. Ces corps se combinent avec le brome, et l'argent est précipité à l'état métallique. Cette hypothèse est fondée sur les faits suivants :

1° L'action prolongée de la lumière suffit pour réduire complètement les sels d'argent; c'est du reste sur cette propriété qu'est fondé le tirage des épreuves sur papier à noircissement direct. Il est dès lors légitime d'admettre que le sel d'argent exposé à la lumière pendant un temps très court sera légèrement décomposé, trop peu sans doute pour qu'il nous soit possible d'y découvrir un changement d'aspect, mais assez cependant pour que cette faible réaction amorce une réaction plus complète.

2° Si l'on dissout dans l'hyposulfite de soude le bromure d'argent d'une plaque exposée dans la chambre noire et non développée, cette plaque devient entièrement transparente et n'accuse pas la moindre trace d'image. Cette image existe, néanmoins, et l'on peut la faire apparaître, en la traitant par une solution d'acide gallique additionnée de nitrate d'argent. On en conclut que la lumière a décomposé une petite quantité de bromure d'argent, soit à l'état de sous-bromure, soit même à l'état d'argent métallique. Ce produit de la décomposition, insoluble dans l'hyposulfite, est resté dans la couche de gélatine, et, quoiqu'il y soit en trop faible quantité pour y être aperçu, il constitue des points d'attraction pour les molécules d'argent mises en liberté par l'action réductrice de l'acide gallique sur le nitrate d'argent

A ces arguments, les partisans de l'action physique objectent :

1° Si l'action de la lumière sur le bromure d'argent était une action chimique, elle serait proportionnelle à sa durée, ou du moins serait d'autant plus complète qu'elle se serait exercée plus longtemps. Or, il n'en est rien : en prolongeant la pose au delà d'une certaine limite, on obtient des images ternes, grises, voilées, *solarisées*, et, si la surexposition est excessive, l'image finit par se renverser, les noirs se substituant aux blancs, et réciproquement. On arrive même à tirer parti de ce phénomène d'inversion pour obtenir des *contretypes* directs, c'est-à-dire pour avoir une image positive sans passer par l'intermédiaire d'un cliché négatif.

2° La lumière n'est pas le seul agent susceptible de provoquer une impression latente. Les corps radio-actifs et les émanations

qui se dégagent de certaines substances exercent une action de même nature. C'est ainsi qu'une plaque peut être mise hors d'usage pour avoir séjourné dans un châssis fermé par un volet en zinc ou même en bois fraîchement enduit d'un vernis à base de térébenthine. Encore ces phénomènes ne seraient-ils pas absolument décisifs, puisqu'ils n'excluent pas toute action chimique, mais il y a plus. Le simple contact des doigts sur une émulsion sensible et même la pression d'un corps absolument inactif, comme une baguette de verre, suffisent pour déterminer des réductions locales, invisibles avant le développement, mais révélées de la même façon que l'impression lumineuse. Les bandes de papier plissé qui séparent les plaques empaquetées ensemble laissent, de même, des traces assez fréquentes de leur contact avec l'émulsion. C'est pourquoi il est recommandé de manipuler avec les plus grandes précautions les papiers au gélatinobromure : la moindre éraillure, le plus léger frottement, se trouvent accusés, au développement, par des traits noirs. L'action de la lumière pourrait donc avoir également pour effet de provoquer un ébranlement moléculaire : le bromure ne serait pas décomposé, mais se trouverait dans un état instable qui faciliterait sa décomposition par les révélateurs.

3° M. Dewar et les frères Lumière ont vérifié que la plaque photographique reste susceptible de s'impressionner à des températures extrêmement basses (—252°), voisines du zéro absolu, tandis que les affinités du fluor, considérées comme les plus puissantes, ne se manifestent déjà plus à —180°. On est ainsi amené à admettre que la formation de l'image latente dérive d'une action physique ou intra-atomique, comme c'est le cas de la radio-activité ou de la fluorescence, dont les manifestations sont indépendantes des conditions de température.

D'autres expériences, qu'il serait trop long d'énumérer, sont encore citées à l'appui ou à l'encontre de chacune des théories. Ce qu'il semble logique d'en conclure, c'est que l'action exercée par la lumière sur les sels d'argent est complexe. Les nombreuses recherches effectuées dans cette voie par le Dr Lüppo Cramer tendraient à établir qu'une exposition très courte aurait surtout pour effet de modifier la structure moléculaire du composé sensible, mais que si l'action lumineuse est suffisamment prolongée, il se

produit des modifications chimiques, d'ailleurs variables suivant la nature de l'émulsion (gélatine ou collodion) et suivant son degré de maturation.

Destruction de l'image latente. — L'impression lumineuse qu'a subie le bromure d'argent peut être détruite à l'aide des bains oxydants. Cette propriété permet d'utiliser les plaques *voilées*, c'est-à-dire exposées accidentellement à la lumière, et qui seraient perdues s'il n'était pas possible d'en effacer la réduction latente.

Les plaques revivifiées à l'aide des bains suivants sont beaucoup plus lentes qu'auparavant et ne se conservent pas très longtemps.

A.	Eau	1.000 cc.
	Bichromate de potasse	30 gr.
	Bromure de potassium	15 —
B.	Eau	1.000 cc.
	Ammoniaque	50 gr.
	Nitrate d'ammoniaque	50 —
	Bromure de potassium	25 —

La plaque est d'abord laissée pendant 5 minutes dans la solution A, puis lavée abondamment et immergée dans la solution B, d'où on ne la retire qu'au bout d'une demi-heure. On lave à nouveau, et on fait sécher dans l'obscurité.

On peut aussi utiliser la formule suivante, qui est plus simple et permet d'obtenir des images à contrastes brillants :

Acide chromique	5 gr.
Bromure de potassium	10 —
Eau	1.000 cc.

La plaque est immergée dans cette solution pendant 5 minutes, lavée à l'eau courante et séchée aussi rapidement que possible, à l'abri de la lumière.

M. L. Tranchant est arrivé à rendre aux émulsions voilées leur rapidité primitive, en les traitant par une solution d'urée. La plaque est d'abord plongée dans le bain régénérateur, qui détruit l'action de la lumière :

Eau	100 cc.
Bromure de potassium	3 gr.
Acide sulfurique	1 —

Après 3 minutes d'immersion, dans l'obscurité, on la lave dans 8 eaux au moins, et on la passe dans :

Eau	100 cc.
Urée	1 gr.

On l'y laisse 5 minutes, on l'égoutte sans la laver, et on la fait sécher lentement dans une boîte où s'accomplira la maturation.

Généralités sur le développement. — Avant de décrire les méthodes proposées pour effectuer l'opération du développement, il est nécessaire de faire connaître les principales propriétés des révélateurs. Un grand nombre de substances sont susceptibles de révéler l'image latente, et on peut les doser de bien des manières. Aussi les formules de bains de développement sont-elles extrêmement nombreuses. Les citer toutes serait impossible et n'aurait d'ailleurs d'autre résultat que de rendre confuses les notions qu'il s'agit au contraire de clarifier. Nous n'indiquerons donc que les formules les mieux étudiées et dont les résultats sont les plus sûrs.

Quel que soit le révélateur employé, l'opérateur devra observer quelques préceptes essentiels. La plaque ou la pellicule extraite du châssis est d'abord époussetée au blaireau, car les poussières déposées sur l'émulsion, même après la pose, pourraient occasionner des points transparents. Il faudra la préserver soigneusement de la lumière, même de celle que fournit la lanterne à verres rouges ou verts, car les émulsions actuelles sont extrêmement sensibles tant qu'elles sont sèches. Une fois bien imbibées par le révélateur, leur sensibilité sera très diminuée. Néanmoins il sera prudent de couvrir la cuvette d'une planchette ou d'un carton.

La plaque est immergée dans le révélateur, la gélatine en dessus. Pour que l'action du bain soit régulière, il est nécessaire d'agiter la cuvette pendant le développement. Si le liquide restait immobile, on remarquerait sur la couche soit des dépôts pulvérulents, soit des stries et des marbrures qui risqueraient de compromettre le cliché. Un léger mouvement communiqué à la cuvette suffit amplement pour éviter ces précipités, et, comme on emploie généralement des bains assez concentrés, à l'aide desquels le développement est achevé au bout de 5 ou 6 minutes, le balancement de la cuvette n'offre aucun inconvénient.

Les révélateurs doivent être employés, autant que possible, à la température de 16° à 18° environ. Plus froid, le bain n'est pas assez actif, son action est lente et conduit à des images ternes et dépour-

vues d'intensité. Plus chaud, il développe rapidement, mais risque de voiler le négatif et d'occasionner le décollement de la gélatine. Cependant le décollement sera évité si l'on prend la précaution de passer tout autour de la plaque, avant de l'immerger, un corps gras quelconque, un morceau de chandelle par exemple, appliqué sur les bords de la couche de manière à y dessiner un liséré imperméable à l'eau.

S'il n'est pas possible, pendant l'été, de refroidir le révélateur au-dessous de 25°, on pourra durcir au préalable la couche de gélatine dans une solution à 5 p. 100 d'alun de chrome.

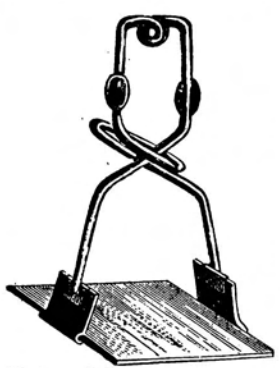
Certains révélateurs tachent les doigts, d'autres provoquent, à la longue, un eczéma assez douloureux. Les taches s'enlèvent facilement par des lavages à l'acide chlorhydrique dilué. Quant à l'eczéma, on le guérit par l'application d'une des trois pommades suivantes :

I.	Turbith minéral (sous-sulfate de mercure)............	1 gr.
	Précipité blanc (protochlorure de mercure)............	1 —
	Bioxyde jaune mercurique..........................	0,5 —
	Vaseline pure....................................	60 —
II.	Lanoline..	10 —
	Ichtyol..	5 —
	Vaseline blanche..................................	15 —
	Acide borique.....................................	20 —
III.	Lanoline..	40 —
	Acide phénique....................................	1 —
	Oxyde de plomb....................................	2,5 —
	Azotate de mercure................................	2 —

On chauffe doucement et on mélange avec une spatule en bois. Les doigts enduits de l'une de ces pommades sont recouverts d'un gant pendant la nuit.

Ces remèdes sont assez efficaces, mais il est préférable d'éviter d'en avoir besoin, en employant des moyens préventifs bien simples. On n'a qu'à faire usage de doigtiers en caoutchouc, qui permettent de manipuler les plaques sans que la peau soit en contact avec le révélateur. Pour soulever plus facilement la plaque, on se sert de crochets en corne qui s'adaptent à l'index. On peut aussi tenir le cliché à l'aide de pinces (fig. 81) qui dispensent d'employer

le doigtier ou le gant de caoutchouc. Enfin, le plus simple est de s'en tenir aux révélateurs qui n'occasionnent ni taches ni accidents cutanés : le paramidophénol, par exemple.



Cl. Demaria-Lapierre.
Fig. 81. — Pince à clichés.

Les pellicules en longues bandes peuvent, à la rigueur, être plongées dans des cuvettes ordinaires contenant une quantité suffisante de bain révélateur, mais il est plus commode d'avoir recours à un récipient spécial à fond demi-cylindrique sur lequel repose un rouleau en cristal. Ce rouleau est d'abord placé sur la bande pelliculaire, dont on tient les deux extrémités à l'aide de pinces, puis le tout est plongé dans la cuvette à demi remplie de révélateur. En faisant monter et descendre alternativement chacune des deux extrémités de la bande, toute la surface impressionnée se trouve successivement soumise à l'action du révélateur.

Une disposition différente est adoptée pour le développement des *films* de cinématographe. Comme il s'agit dans ce cas de bandes de très grande longueur, on les enroule en spires parallèles juxtaposées sur de grands cylindres que l'on fait tourner au-dessus d'une longue cuvette demi-cylindrique.

Composition et caractères des principaux révélateurs. — Les substances révélatrices n'agissent pas seules : le révélateur à l'hydroquinone, par exemple, ne contient pas que de l'hydroquinone. Le développement exige la présence de certains *adjuvants*, soit pour accélérer l'action réductrice, soit pour la modérer, soit pour empêcher la coloration de la gélatine. De là la complexité de la plupart des formules de révélateurs et la nécessité d'en modifier la composition suivant les circonstances. Les paragraphes suivants ont pour objet de faire connaître le mode de préparation des principaux révélateurs, ainsi que leurs avantages et inconvénients respectifs.

Révélateur à l'adurol. — La formule normale, applicable à un phototype exactement posé, est :

Eau	1.000 cc.
Adurol	10 gr.
Sulfite de soude anhydre	30 —
Carbonate de soude	80 —
Bromure de potassium	1 —

En cas de sous-exposition, on augmentera légèrement la quantité de carbonate; le développement sera alors accéléré, et le cliché moins heurté, mais il faut éviter l'excès de sel alcalin, qui risquerait de voiler l'image. Si la pose a été trop longue, on ajoutera un peu de bromure. Ce sel ralentit le développement, augmente les oppositions et permet de corriger les excès de pose même considérables.

Ce révélateur se conserve pendant quelque temps en flacon bien bouché et se colore peu, ne dépassant pas la teinte jaune pâle. Il ne tache pas les doigts et ne colore pas la gélatine. Il fournit des clichés vigoureux, dans un temps assez court, avec peu de tendance au voile. L'image est d'une bonne nuance noire, avec une gamme très régulière de tons. Il convient également bien au portrait, au paysage et à la reproduction du trait. Le même bain peut servir pour plusieurs plaques, mais alors son énergie s'affaiblit, et le développement s'effectue plus lentement.

Révélateur à l'amidol ou diamidophénol. — Formule normale :

Eau	1.000 cc.
Sulfite de soude anhydre	30 gr.
Diamidophénol (chlorhydrate)	5 —

Cette solution ne se conservant que peu de temps, il ne faut la préparer qu'au moment de l'emploi. Si, au cours du développement, on s'aperçoit que le cliché manque de pose, on ajoute au bain normal une solution concentrée de sulfite de soude, sans cependant dépasser le double de la quantité indiquée ci-dessus. Si, au contraire, on reconnaît qu'il y a eu excès de pose, on étend rapidement le bain de son volume d'eau et on y ajoute du diamidophénol, sans dépasser le triple de la dose normale[1]. Il convient

1. On peut également corriger l'excès de pose par addition de bromure de potassium ou de bisulfite de soude. Cette dernière combinaison constitue le révélateur au diamidophénol *en liqueur acide*, dont les avantages ont été très exagérés par divers auteurs, mais qui fournit néanmoins des clichés brillants et bien modelés.

toutefois de remarquer que ce révélateur agit trop rapidement pour permettre la correction des erreurs de pose à ceux qui ne sont pas très familiarisés avec son emploi. Son principal avantage est de développer sans le secours d'aucune substance alcaline caustique susceptible d'abîmer la gélatine. Il est d'une préparation et d'un maniement très simples et fournit des clichés très harmonieux, remarquablement fouillés, d'un gris noir à grain très fin, pur et brillant.

La solution peut être conservée pendant quelques jours, dans des flacons pleins, bien bouchés et à l'abri de l'humidité. Malgré ces précautions, elle ne tarde guère à s'altérer : le bain brunit et perd son activité.

Le révélateur au diamidophénol ne colore pas la gélatine, mais les doigts et surtout les ongles de l'opérateur finissent, à la suite d'une longue manipulation, par prendre une teinte rose ou, parfois, jaune-brun. On fera facilement disparaître cette coloration, en plongeant, le plus tôt possible après l'emploi du révélateur, les doigts tachés dans une solution d'hypochlorite de chaux ou de potasse (chlorure de chaux ou eau de Javel). On évitera d'ailleurs ces taches si l'on prend les précautions indiquées p. 137 (doigtier de caoutchouc, crochet, pinces, etc.).

Révélateur au crésophénol. — Faire dissoudre, dans l'ordre indiqué :

Eau bouillie, quantité suffisante pour faire....	1 litre.
Crésophénol................................	10 gr.
Sulfite de soude anhydre....................	50 —
Carbonate de soude anhydre..................	50 —
Solution de bromure de potassium à 10 p. 100.	2 à 3 cc.

Si les plaques ont une tendance à donner des images dures, on ajoutera 5 gr. de lithine caustique, et l'on doublera la quantité d'eau.

Ce révélateur, indiqué par M. Bouillaud, convient tout particulièrement aux portraits exécutés à la lumière artificielle. Il donne des négatifs brillants, bien fouillés, sans empâtement et de grain très fin.

La correction des écarts de pose s'obtient facilement en modifiant la formule normale : en cas de surexposition, on diminuera

la dose de carbonate; on l'augmentera dans le cas contraire. La sous-exposition sera également corrigée en ajoutant du crésophénol ou en diminuant la quantité de bromure.

Révélateur à la diamidorésorcine. — Formule normale :

Eau	1.000 cc.
Sulfite de soude anhydre	30 gr.
Diamidorésorcine............................	10 —

Cette solution ne doit être préparée qu'au moment de l'emploi, car elle perd assez rapidement son énergie.

Les propriétés de ce révélateur sont à peu près les mêmes que celles du diamidophénol. Cependant la diamidorésorcine a l'avantage d'être sensible à l'action du bromure de potassium, qui retarde la venue de l'image et permet ainsi de corriger facilement la surexposition. Quand le phototype apparaît trop rapidement et se montre voilé, on n'a qu'à ajouter au bain quelques gouttes d'une solution de bromure de potassium à 10 p. 100. Si, au contraire, on s'aperçoit que le cliché est sous-exposé, on ajoutera du sulfite de soude, sans toutefois dépasser le double de la dose normale.

Ce révélateur tache les mains, mais ne colore pas la gélatine. Les taches seront enlevées de la même manière que celles qu'occasionne le diamidophénol.

Révélateur à l'édinol. — Formule normale :

Eau	1.000 cc.
Edinol..	10 gr.
Sulfite de soude anhydre........................	40 —
Phosphate tribasique de soude	60 —

Ces proportions peuvent être modifiées dans une large mesure, ce qui donne une grande élasticité à ce révélateur et le rend applicable aussi bien aux instantanés qu'aux phototypes surexposés. Pour accélérer le développement, corriger la sous-exposition ou atténuer les contrastes du sujet, on augmente la dose de phosphate tribasique (qui peut être remplacé par un carbonate alcalin ou par la soude caustique). Pour ralentir le développement, corriger un excès de pose ou obtenir une image très vigoureuse, on diminue la quantité de phosphate, ou de l'alcali qui le remplace, et on augmente la quantité d'édinol.

Ce révélateur n'exerce aucune action nuisible sur la peau.

Révélateur à la glycine. — Préparer séparément :

A.	Eau	1.000 cc.
	Sulfite de soude anhydre	15 gr.
	Glycine	10 —
B.	Eau	500 cc.
	Carbonate de potasse	100 gr.

Pour un développement normal, on prendra 4 parties de A et 1 partie de B. Pour corriger un excès de pose ou augmenter les contrastes, on prendra un peu plus de la solution A et un peu moins de la solution B. On fera l'inverse pour corriger un manque de pose ou pour adoucir le modelé. Ces modifications permettent d'obtenir à volonté des clichés très vigoureux ou, au contraire, d'une extrême douceur.

Révélateur à l'hydramine. — Formule normale :

Eau	1.000 cc.
Hydramine	5 gr.
Sulfite de soude anhydre	15 —
Lithine caustique	3 —

On fait dissoudre dans l'eau, d'abord le sulfite et la lithine[1], puis l'hydramine. Le mélange est agité jusqu'à dissolution complète, sans s'inquiéter des flocons légers qui subsistent quand on ne se sert pas d'eau distillée et qui n'ont aucune influence nuisible sur les phototypes.

La surexposition est corrigée en ajoutant un peu de bromure de potassium en solution à 10 p. 100. L'effet modérateur est déjà sensible lorsqu'on verse 1 cc. de cette solution dans 100 cc. de révélateur.

La sous-exposition est corrigée en ajoutant quelques gouttes d'une solution de lithine caustique à 1 p. 100.

Le révélateur à l'hydramine se conserve bien en solution ; son action énergique à faible dose permet de n'employer qu'une petite quantité des substances qui le constituent pour préparer un bain concentré susceptible de développer plusieurs clichés, jusqu'à épuisement ; son action graduelle le rend particulièrement propre

1. Il faut conserver en flacon bien bouché la lithine caustique, qui devient inefficace en absorbant l'acide carbonique contenu dans l'air.

au développement des clichés posés et même surexposés, d'autant plus que sa grande sensibilité aux bromures alcalins permet de corriger facilement les excès de pose. Il ne colore pas la gélatine et ne tache pas les doigts.

MM. Lumière préparent le révélateur à l'hydramine en remplaçant le sulfite de soude et la lithine par un produit spécial qu'ils nomment *formosulfite* (combinaison de formolène et de sulfite de soude). La formule normale devient alors :

Eau	1.000 cc.
Formosulfite	70 gr.
Hydramine	5 —
Solution de bromure de potassium à 10 p. 100	10 cc.

Révélateur à l'hydroquinone. — Formule normale :

Eau	1.000 cc.
Hydroquinone	10 gr.
Sulfite de soude anhydre	40 —
Carbonate de soude anhydre	55 —

L'action de ce bain est retardée par le bromure de potassium; elle est accélérée soit en augmentant la dose de carbonate alcalin, soit en y ajoutant quelques gouttes d'essence de térébenthine.

Le révélateur à l'hydroquinone peut servir plusieurs fois, mais fonctionne de plus en plus lentement. L'image est pure, avec des blancs bien transparents; sa nuance est d'un brun noir; son grain manque de finesse, et les contrastes sont facilement exagérés par la sous-exposition, qui se traduit par des effets très durs et des noirs opaques.

La solution brunit à l'air, mais ne tache pas les doigts.

Révélateur à l'iconogène. — Préparer les deux solutions :

A.	Eau	1.000 cc.
	Sulfite de soude	75 gr.
	Iconogène	15 —
B.	Eau	1.000 cc.
	Carbonate de soude	150 gr.

La formule normale comprend 60 parties de A et 5 parties de B. En cas de surexposition, on diminuera la quantité de B. On l'augmentera, au contraire, en cas de sous-exposition, sans dépasser le quadruple de la dose normale.

Le révélateur à l'iconogène fournit des clichés gris-bleu, très doux, brillants, à grain fin. La solution verdit, à l'air, puis brunit. Elle tache les doigts en rose.

Révélateur à l'hydroquinone et à l'iconogène. — Les deux révélateurs précédents ont des propriétés tout opposées : l'hydroquinone fournit des images vigoureuses, mais dures, tandis que l'iconogène en fournit de très douces, mais dépourvues de vigueur. Il était donc naturel de songer à combiner à l'aide de ces deux substances un révélateur susceptible de donner des clichés à la fois harmonieux et suffisamment intenses. Ce révélateur combiné est généralement préparé à l'aide de deux solutions :

A.	Eau	1.000 cc.
	Sulfite de soude	150 gr.
	Iconogène	16 —
	Hydroquinone	4 —
B.	Eau	1.000 cc.
	Carbonate de potasse	40 gr.

Pour les instantanés, on mélange 3 parties de A avec 1 partie de B ; on ajoutera un peu de carbonate pendant le développement, si on le juge nécessaire. Pour les clichés posés, on augmente la quantité d'eau et on emploie très peu de carbonate.

Révélateur au métol ou génol. — Préparer les deux solutions :

A.	Eau	1.000 cc.
	Métol ou génol	10 gr.
	Sulfite de soude	100 —
B.	Eau	1.000 cc.
	Carbonate de potasse	100 gr.

Le révélateur normal sera composé en mélangeant 3 parties de A et 1 de B. La dose de carbonate sera augmentée si le cliché manque de pose, et diminuée s'il est surexposé.

Le métol donne des clichés très fouillés dans les ombres. L'image apparaît tout à coup dans son entier, et non pas progressivement. Elle est d'abord légère, grise, mais gagne en vigueur progressivement, et l'on peut développer très à fond sans craindre la dureté. Le phototype est noir et d'un grain fin. La solution se conserve bien et ne s'oxyde que lentement. Elle ne tache pas, mais provoque des accidents cutanés : c'est surtout le métol qui occasionne l'eczéma dont nous avons parlé, ainsi que des inflammations

assez douloureuses. Ces accidents doivent être évités en touchant le moins possible le bain révélateur et en manipulant les plaques à l'aide de pinces ou de crochets. Si on ne peut les éviter, on appliquera sur les doigts une des pommades indiquées page 137.

Le principal inconvénient du métol est d'agir trop rapidement au début et de produire un voile superficiel, qui ne nuit pas à l'harmonie du phototype, mais qui rend difficile le contrôle du développement.

Révélateur à l'hydroquinone et au métol. — Les propriétés du métol étant, à peu près comme celles de l'iconogène, opposées aux propriétés de l'hydroquinone, la combinaison de ces deux révélateurs offre des avantages analogues à ceux du révélateur à l'iconogène et à l'hydroquinone. On aura le modelé très harmonieux et les ombres remarquablement fouillées qui caractérisent le développement au métol joints à la vigueur, à l'intensité propres à l'hydroquinone, en mélangeant :

A.	Eau	1.000 cc.
	Sulfite de soude	34 gr.
	Métol	11 —
	Hydroquinone	14 —
B.	Eau	1.000 cc.
	Carbonate de potasse	18 gr.

Pour une pose ordinaire, on prendra 1 partie de A et 3 de B; pour clichés surexposés, 1 partie de A, 2 de B et quelques gouttes d'une solution de bromure de potassium à 10 p. 100. Pour clichés sous-exposés, on augmentera la dose de carbonate de potasse.

Révélateur à la métoquinone. — La métoquinone, dont la préparation est due à MM. Lumière, est une combinaison définie de la base du métol avec l'hydroquinone, et non pas un simple mélange physique de ces deux substances. Le révélateur à la métoquinone présente des avantages bien caractérisés. Il peut être utilisé, comme le diamidophénol, sans addition d'alcali. La formule normale est alors très simple :

Eau	1.000 cc.
Métoquinone	9 gr.
Sulfite de soude anhydre	67 —

Si le cliché manque de pose, l'énergie du révélateur peut être

augmentée par addition d'un carbonate alcalin, ou d'un alcali caustique, ou encore de phosphate tribasique de soude, de formosulfite, d'acétone, sans que l'image risque d'être voilée. Ainsi, les instantanés pourront être développés dans l'un des bains suivants :

	I	II	III	IV
Eau	1.000	1.000	1.000	1.000
Métoquinone	9	9	9	9
Sulfite de soude anhydre	60	60		60
Phosphate tribasique de soude	10			
Acétone		30		
Formosulfite			60	
Lithine caustique				5

La formule IV est celle qui donne le révélateur le plus énergique

Le révélateur à la métoquinone est sensible à l'action retardatrice du bromure de potassium. En cas de surexposition, on ajoutera donc au bain normal quelques gouttes d'une solution de bromure à 10 p. 100. On obtient ainsi des noirs très vigoureux et des blancs très purs.

La solution se conserve bien, même en flacons non bouchés, sans altération appréciable, et ressert plusieurs fois, jusqu'à épuisement. Elle ne colore pas la gélatine et ne tache pas les doigts.

Révélateur à l'ortol. — Préparer les deux solutions :

A.	Eau	1.000 cc.
	Métabisulfite de potassium	7 gr.
	Ortol	15 —
B.	Eau	1.000 cc.
	Carbonate de soude	120 gr.
	Bromure de potassium	1 —
	Sulfite de soude	180 —
	Solution d'hyposulfite de soude à 5 p. 100	10 cc.

Pour un cliché normalement posé, on prend des parties égales de A et de B. Avec 2 parties de A et 1 de B, les clichés sont plus vigoureux; avec 1 partie de A et 2 de B, ils sont plus doux. On peut employer comme accélérateur une solution de potasse caustique à 10 p. 100, et comme modérateur, une solution de bromure de potassium à 10 p. 100.

La facilité avec laquelle ce révélateur se prête aux modifications le rend très élastique, et, sous ce rapport, on peut le comparer au

pyrogallol, sur lequel il a le double avantage de ne pas tacher les doigts et de n'être pas vénéneux. Il donne des phototypes intenses, mais sans oppositions heurtées, d'un grain très fin, très fouillés dans les ombres et d'un noir chaud tirant légèrement sur le brun. La solution se conserve bien en flacons bouchés. On ne peut lui reprocher que la complexité de sa composition, qui rend son maniement moins commode que celui du pyrogallol.

Révélateur à l'oxalate ferreux. — Les solutions suivantes seront préparées avec de l'eau distillée, ou, à défaut, avec une eau peu calcaire :

A.	Eau	1.000 cc.
	Oxalate neutre de potasse	300 gr.
B.	Eau	1.000 cc.
	Sulfate de protoxyde de fer	300 gr.
	Acide tartrique	10 —
C.	Eau	100 cc.
	Bromure de potassium	10 gr.

Les solutions A et C se conservent indéfiniment. La solution B s'altère rapidement dans l'obscurité, par l'oxydation du sulfate ferreux qui se transforme en sulfate ferrique; elle se conserve mieux à la lumière, surtout si le flacon contient un fil de fer ou quelques clous, ainsi que quelques gouttes d'acide sulfurique. Le mélange des solutions A et B ne doit être effectué qu'au dernier moment, et la quantité de solution B ne doit pas dépasser le tiers de la quantité de solution A. Ainsi, pour développer une plaque 13×18, si l'on prend 60 cc. de la solution d'oxalate, il ne faudra, sous aucun prétexte, y ajouter plus de 20 cc. de la solution de sulfate ferreux. Si l'on dépassait cette dose, on provoquerait la formation d'un précipité insoluble, qui tacherait l'image. Il est d'ailleurs rarement nécessaire d'employer le maximum indiqué. Pour une plaque normalement posée, on prend généralement 4 ou 5 parties de A pour 1 partie de B, et l'on ralentit même l'action du révélateur, en y ajoutant soit quelques gouttes de la solution C, soit une certaine quantité de bain déjà utilisé pour une précédente opération. Si la plaque est surexposée, on augmentera naturellement la proportion de bain vieux ou la quantité de bromure. Si, au contraire, elle est sous-exposée, il sera parfois nécessaire d'employer la plus

grande quantité possible de sulfate de fer. On prendra donc 3 parties de A, 1 de B, et l'on supprimera la solution C. Si le bain ainsi composé manque encore d'énergie, on y ajoutera quelques gouttes d'une solution d'hyposulfite de soude à 1 p. 1.000, mais avec beaucoup de précaution, car le moindre excès de cet accélérateur, particulier au révélateur à l'oxalate, provoque un voile intense et des réductions à reflets métalliques.

Ce révélateur, universellement employé autrefois, est de plus en plus abandonné depuis quelques années, bien qu'il fournisse des images vigoureuses, claires et d'une tonalité noire. Il ne colore pas la gélatine, mais il produit sur le linge des taches de rouille.

Révélateur au paramidophénol. — Le paramidophénol est employé soit à l'état de base libre, soit à l'état de chlorhydrate. Dans le premier cas, la formule type est :

Eau	1.000 cc.
Sulfite de soude anhydre	150 gr.
Lithine caustique	8 —
Paramidophénol (base libre)	20 —

On fait dissoudre dans l'eau d'abord le sulfite de soude, puis la lithine, et enfin le paramidophénol. On agite jusqu'à dissolution complète. Les flocons légers qui se forment quelques instants après n'offrent aucun inconvénient.

Dans le second cas, la formule normale est :

Eau	1.000 cc.
Chlorhydrate de paramidophénol	5 gr.
Sulfite de soude anhydre	25 —
Carbonate de potasse	25 —

Cette solution est un peu moins active que la première, mais convient néanmoins, comme elle, aux clichés instantanés. Le paramidophénol possède en effet une grande énergie développatrice, qu'il est d'ailleurs facile de modérer, si c'est nécessaire, en l'additionnant d'eau. Ce révélateur est peu sensible aux variations de température. Il donne des images d'un brun jaune, brillantes et d'un grain fin. La solution se conserve bien et peut servir à développer successivement plusieurs plaques, mais en perdant, bien entendu, de son activité. Elle ne colore pas la gélatine et ne tache pas les doigts.

Révélateur à la paraphénylènediamine. — Formule :

Eau	1.000 gr.
Paraphénylènediamine	10 —
Sulfite de soude anhydre	60 —

Ce révélateur est très lent : une demi-heure est généralement nécessaire pour que le cliché atteigne l'intensité voulue. Il ne s'applique qu'à des phototypes notablement surexposés et n'est utilisé que lorsqu'il s'agit d'obtenir une image à grain très fin à l'aide d'une émulsion dont le grain est relativement grossier. Si le cliché n'a pas subi un excès de pose, l'image est peu intense et voilée. L'emploi de ce révélateur est donc très limité; il est surtout indiqué dans les cas où le cliché est destiné à être agrandi à une très forte échelle. En prolongeant suffisamment l'exposition, on obtient une image de tonalité agréable, d'un gris d'acier très doux et très finement détaillée.

Révélateur à la pyrocatéchine. — Préparer les deux solutions :

A.	Eau	1.000 cc.
	Sulfite de soude	100 gr.
	Pyrocatéchine	25 —
B.	Eau	1.000 cc.
	Potasse caustique	100 gr.

Pour un cliché normalement posé, on prendra 1 partie de A et 2 de B. En cas de sous-exposition, on augmentera la dose de solution B; on la diminuera en cas d'excès de pose. L'élasticité de ce bain permet de corriger de notables écarts de pose. C'est un bon révélateur surtout pour les instantanés : il développe rapidement, sans voile, et son action est peu influencée par les variations de la température. Il donne des clichés très brillants et d'une bonne nuance, brun foncé, très doux, mais à grain un peu fort. La solution brunit lentement et ne tache ni les mains ni les plaques.

Révélateur au pyrogallol. — Le pyrogallol ou acide pyrogallique a pu être surnommé le « roi des révélateurs », en raison de la perfection des images qu'il donne et surtout de son incomparable élasticité, qui le rend applicable aux clichés dont on ignore totalement le temps de pose. Son inconvénient unique est de s'altérer rapidement, en absorbant l'oxygène de l'air et en prenant une coloration d'un brun jaune qui se communique à l'émulsion

et aux doigts de l'opérateur. Cependant, on évite ce défaut en ajoutant au bain une quantité suffisante de sulfite de soude et en l'utilisant immédiatement.

L'extrême souplesse de ce révélateur le fait employer suivant un procédé particulier, qui sera décrit plus loin, et qui consiste essentiellement à composer le bain suivant la venue de l'image. Les modifications que l'on fait subir de minute en minute à son dosage rendent difficile l'indication d'une formule normale. Néanmoins, nous donnons celle du révélateur concentré de MM. Lumière et Seyewetz :

Eau..	1.000 cc.
Sulfite de soude anhydre........................	20 gr.
Pyrogallol.................................	4 —

Pour l'usage, on prend :

Solution ci-dessus.............................	25 cc.
Eau..	75 —
Acétone......................................	10 —

Si l'on craint que la plaque ne soit surexposée, on n'ajoutera l'acétone que goutte à goutte.

Ce révélateur, s'oxydant rapidement, ne sert qu'une seule fois. Il est donc relativement coûteux.

Révélateurs physiques. — Les réactifs dont les formules viennent d'être données sont des *révélateurs chimiques :* ils décomposent directement le bromure d'argent impressionné, et l'image est constituée par l'argent primitivement contenu dans le gélatino-bromure et précipité à l'état métallique par l'action réductrice. Le *développement physique* est celui qui s'effectue lorsqu'on met en présence de la couche sensible un réducteur additionné d'un sel d'argent soluble. Le révélateur contiendra, par exemple, du pyrogallol, de l'acide tartrique et du nitrate d'argent. Le pyrogallol décompose le nitrate d'argent, et l'argent ainsi précipité se dépose sur les points de la couche sensible qui ont reçu l'impression lumineuse, et en quantités d'autant plus fortes que l'impression a été plus intense. Les points impressionnés constituent donc autant de centres d'attraction pour le dépôt argentique, et ce phénomène attractif, d'ordre physique, se poursuit régulièrement, car

les particules d'argent précipité forment à leur tour des centres d'attraction, qui renforcent de plus en plus l'image. L'acide tartrique sert de modérateur; on peut le remplacer par un autre acide organique, l'acide citrique par exemple.

Le développement physique était autrefois toujours employé, à l'exclusion du développement chimique, pour révéler les images au collodion humide, dont la couche conservait un excès de nitrate d'argent. Aujourd'hui, les révélateurs physiques ne sont utilisés que dans quelques cas exceptionnels : développement après fixage, renforcement à l'argent, développement des papiers à noircissement direct.

Le Dr Lüppo Cramer a composé un développateur physique applicable au gélatinobromure :

Eau	1.000	cc.
Acide citrique	100	gr.
Métol	20	—
Chlorure de sodium	0,6	—

Au moment de s'en servir, 80 cc. de cette solution sont mélangés avec 10 cc. d'une solution de nitrate d'argent à 10 p. 100. Ce révélateur donne de meilleurs résultats avec les émulsions très lentes qu'avec les émulsions rapides. Il convient, en particulier, aux travaux photomicrographiques qui exigent des images de contexture très fine.

Méthodes de développement. — Quel que soit le révélateur adopté, l'opération du développement peut être conduite de diverses manières, selon le résultat à atteindre, selon les goûts du photographe ou les nécessités particulières de son installation. Nous analyserons donc, dans les derniers paragraphes de ce chapitre : le développement *contrôlé,* le développement *rationnel* ou *méthodique* (en particulier le procédé au pyrogallol), le développement *en deux cuvettes*, le développement *lent,* le développement *chronométré,* le développement *à durée fixe,* le développement *en machine,* le développement *en pleine lumière,* le *développement-fixage* et le développement *après fixage*. Quant aux manipulations à effectuer après le développement, pour achever le phototype, elles feront l'objet du chapitre suivant.

Développement contrôlé. — La plaque immergée dans le révé-

lateur est examinée à la lueur de l'éclairage inactinique. Au bout de quelques secondes, l'image commence généralement à se dessiner. Si elle apparaît avec un modelé bien gradué, ni trop terne ni trop heurté, il n'y a qu'à laisser agir le révélateur et attendre que le négatif ait acquis l'intensité voulue. Pour bien en juger, quand tous les détails ont paru, on sort de temps à autre la plaque de la cuvette et on l'examine par transparence. Le cliché doit être assez opaque, car il faut tenir compte de la transparence qu'il prendra pendant le fixage, par suite de la dissolution du bromure d'argent resté inattaqué. Quand l'intensité nécessaire est atteinte, on lave la plaque avec soin et on la plonge dans le fixateur, constitué par une solution d'hyposulfite de soude à 15 ou 20 p. 100. Si l'image tarde trop à se révéler, ou si elle apparaît défectueuse, dure, insuffisamment détaillée, ou, au contraire, si elle se montre très rapidement, avec un aspect gris, terne, ou noircie uniformément par un voile de surexposition, alors il convient de modifier immédiatement la composition du révélateur.

Les photographes qui ont à développer dans une seule séance un grand nombre de clichés font souvent usage de trois cuvettes contenant l'une un révélateur très énergique, la seconde un révélateur de composition normale, et la troisième un révélateur affaibli.

La plaque est d'abord plongée dans le bain d'activité moyenne : si elle s'y développe bien, on laisse le phototype s'intensifier; si l'image y apparaît trop vite, on s'empresse de la retirer et de la plonger dans le bain faible; si, au contraire, elle ne se développe pas, ou si les détails dans les ombres font défaut, on la transporte dans le bain le plus actif. C'est ainsi, par exemple, que le révélateur au diamidophénol pourra être préparé en trois solutions d'activités décroissantes :

	I	II	III
Eau	100	100	100
Sulfite de soude anhydre	6	3	1,5
Diamidophénol	0,5	0,5	0,75

Cette combinaison ne convient pas à l'amateur qui n'a qu'un ou deux clichés à développer dans la même séance. Il vaut mieux, dans ce cas, modifier le bain contenu dans la cuvette. Si l'on fait usage d'un révélateur susceptible de se conserver, comme l'hydroqui-

none ou le métol, on aura soin de garder en réserve le bain qui a servi et se trouve naturellement affaibli. Il n'y aura dès lors qu'à mélanger ce bain partiellement épuisé avec un bain neuf, en proportions variables suivant les circonstances de la pose et l'effet à obtenir.

Mais, si l'on n'a pas de bain vieux, ou si l'on emploie un révélateur qui ne se conserve pas, comme l'acide pyrogallique, il faudra nécessairement préparer à chaque séance un bain neuf et en modifier la composition selon les circonstances. A cet effet, il est nécessaire de connaître le rôle que jouent dans le développement les divers éléments constitutifs du révélateur dont on fait usage.

Le révélateur au diamidophénol est à peu près insensible à l'action modératrice des bromures et s'oxyde trop rapidement en présence des accélérateurs alcalins. On ne peut donc en modifier l'activité qu'en changeant les proportions respectives du réducteur et du sulfite, comme l'indiquent les trois formules ci-dessus.

Si l'on emploie l'oxalate ferreux, la surexposition sera corrigée à l'aide de quelques gouttes d'une solution de bromure de potassium ou d'ammonium. Les bains déjà utilisés ne resserviront que s'ils sont de préparation assez récente. L'excès de pose est également corrigé en n'ajoutant que très peu de sulfate ferreux à la solution d'oxalate. En cas de sous-exposition, on augmentera la dose de sulfate, mais en aucun cas elle ne devra dépasser le tiers de la quantité d'oxalate. C'est là un maximum, au delà duquel l'oxalate ferreux formé par la combinaison du sulfate ferreux et de l'oxalate de potasse ne se dissout plus dans l'excès d'oxalate de potasse et dépose sur la plaque un précipité pulvérulent jaune-rouge. Si cette quantité de sulfate ne suffit pas à révéler tous les détails, on pourra suractiver le développateur en y ajoutant peu à peu quelques gouttes d'une solution d'hyposulfite de soude à 1 p. 1000. Il faut être très prudent dans l'emploi de cet accélérateur, dont le moindre excès occasionne un voile à reflets métalliques. Cette solution d'hyposulfite au millième n'accélère d'ailleurs que le révélateur à l'oxalate ferreux. Elle est sans action sur les autres.

Dans les autres bains de développement, l'accélérateur est constitué par une substance alcaline : ammoniaque, carbonate de soude ou de potasse, lithine caustique, etc. La concentration du bain per-

met d'arriver plus vite à l'intensité voulue, mais joue un rôle tout différent, car elle tend à produire des images plus dures et moins bien détaillées, contrairement à l'effet de l'accélérateur proprement dit. C'est d'ailleurs pour ce motif que les instantanés sont parfois traités par des bains très dilués, comme on le verra à propos du *développement lent*.

L'influence de ces divers facteurs sera d'ailleurs mieux précisée en décrivant les particularités pratiques de la méthode de développement la plus rationnelle à l'aide du pyrogallol, qui passe, à bon droit, pour le plus souple, sinon le plus énergique de tous les révélateurs connus.

Développement rationnel ou méthodique au pyrogallol. — Le pyrogallol ne se conserve pas en solution aqueuse; même additionné de sulfite, il ne tarde pas à se colorer en jaune-brun, en s'oxydant, et communique alors cette coloration aux plaques. Il vaut mieux ne le faire dissoudre qu'au moment de l'emploi. On procédera de même pour le sulfite de soude, dont la solution s'altère également, le sel se transformant peu à peu en sulfate impropre au développement. La dissolution du sulfite, comme celle du pyrogallol, s'opère d'ailleurs instantanément, si ces substances sont préalablement pulvérisées, et la préparation du révélateur au fur et à mesure des besoins ne nécessite aucune pesée. Le pyrogallol et le sulfite de soude seront donc conservés à l'état sec, en poudres fines, dans des bocaux où l'on pourra puiser à l'aide d'une cuiller à moutarde en bois ou en verre. On aura, d'autre part, une solution saturée de carbonate de soude ou de potasse. L'ammoniaque ou l'acétone pourraient remplir le même rôle, mais nous ne conseillons pas d'employer ces produits, à cause de l'odeur qu'ils répandent dans le laboratoire, généralement exigu. Avec certaines émulsions facilement sujettes au voile, il est parfois utile d'ajouter au révélateur un peu de bromure de potassium, mais ce n'est pas indispensable, et, personnellement, nous y avons complètement renoncé, employant uniquement le pyrogallol, le sulfite en poudre et le carbonate de soude en solution saturée dans un flacon compte-gouttes.

La plaque extraite du châssis est placée dans une cuvette en porcelaine recouverte d'un carton qui préserve la couche sensible

de la lumière émise par la lanterne. Dans un verre à bec, nous versons la quantité d'eau nécessaire pour bien recouvrir la plaque, soit environ 100 cc. pour le format 13×18. Nous y ajoutons 2 cuillerées de sulfite, 1 cuillerée de pyrogallol, et nous agitons vivement à l'aide d'une baguette de verre. Dès que les poudres sont dissoutes, nous laissons tomber dans le mélange 2 ou 3 gouttes de carbonate, et le contenu du verre est versé dans la cuvette, que l'on agite aussitôt, afin que la plaque soit rapidement mouillée sur toute sa surface. Si, au bout d'une demi-minute, aucune trace d'image n'est apparue, on verse dans le verre un peu de carbonate et l'on y ajoute le contenu de la cuvette. On agite un peu le verre pour faciliter le mélange, que l'on reverse aussitôt dans la cuvette. Il est très important de ne pas verser directement la nouvelle dose de carbonate dans la cuvette : il en résulterait presque toujours des taches. On examinera encore la plaque, et si, malgré cette addition de carbonate, l'image tarde encore à se montrer, on recommencera, en procédant de même. On ajoutera ainsi du carbonate, non seulement jusqu'à l'apparition de l'image, mais même jusqu'à ce que tous les détails soient venus, même dans les ombres.

Jusqu'ici, on s'est borné à regarder la plaque par-dessus. Quand tous les détails se sont dessinés, on sort la plaque de la cuvette et, la plaçant devant la lanterne, on l'examine par transparence. Si l'image ne paraît pas assez intense, il faut alors ajouter du pyrogallol. Bien entendu, la nouvelle dose de révélateur sera d'abord introduite dans le verre, où on la mélangera avec le contenu de la cuvette. Si cette nouvelle dose ne suffit pas pour amener l'image à la densité voulue, on recommencera, et l'on ajoutera alors non seulement du pyrogallol, mais aussi du sulfite et un peu de carbonate.

Les instantanés seront parfois assez longs à développer. Il faudra combattre la sous-exposition par des additions alternées de pyrogallol et de carbonate. Si le développement dure trop longtemps, on remarquera que le bain se colore de plus en plus ; la solution d'abord limpide brunit progressivement, et cette teinte se communique à la gélatine : elle ne nuit pas à la qualité des épreuves, mais elle en retarde le tirage. Aussi vaut-il mieux l'éviter, en jetant le révélateur dès qu'il se colore sensiblement et en le rem-

plaçant par une nouvelle solution, préparée comme la précédente. Le bain neuf a d'ailleurs l'avantage de ne point contenir de bromure, formé par la réduction du composé sensible ; ce bromure affaiblit de plus en plus le révélateur, empêche les faibles détails de se développer et exagère les contrastes. On arrive par ce moyen à tirer parti de clichés très sous-exposés, qui auraient été inutilisables s'ils avaient été révélés autrement. Quand l'image se montre avec tous ses détails et une intensité suffisante, on lave la plaque et on l'immerge dans le fixateur.

Ce procédé peut sembler long et compliqué, parce que nous avons tenu à bien en préciser les détails. En réalité, il ne présente aucune difficulté sérieuse, et l'opérateur attentif ne tarde pas à s'en rendre maître et à en apprécier les ressources. Aucune autre méthode ne se prête avec une pareille souplesse aux divers cas qui se présentent dans le développement, soit que la pose ait été trop longue ou trop courte, soit qu'il s'agisse d'atténuer les contrastes d'un sujet trop heurté ou, au contraire, d'accentuer un modelé trop plat et de donner plus de vigueur à un sujet terne. Cette méthode n'est pas, en somme, plus difficile à apprendre qu'une autre, les éléments n'en sont pas notablement plus coûteux, et les résultats ne sont pas comparables.

Développement en deux cuvettes. — Cette méthode est parfois désignée sous le nom de développement *automatique*. Ce qualificatif prête à confusion et serait d'ailleurs plus logiquement applicable au développement à durée fixe effectué dans certaines machines qui seront décrites plus loin. Le développement en deux cuvettes est, au contraire, un mode de développement contrôlé et constitue, en réalité, une variante du développement rationnel et méthodique.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse de développer au pyrogallol en deux cuvettes. Nous versons, dans l'un des récipients, une solution de pyrogallol et de sulfite de soude, et dans l'autre une solution de carbonate de soude. La plaque est d'abord plongée dans la première cuvette, puis, une fois bien imbibée, soit au bout de 30 à 40 secondes, nous la portons dans la seconde cuvette. Le carbonate alcalin se mêle alors au pyrogallol dont la couche est imprégnée, et le développement commence. La plaque est ensuite

reportée dans le pyrogallol, puis dans le carbonate, et ainsi de suite jusqu'à achèvement du phototype. Pour augmenter l'intensité, on prolonge l'immersion dans le pyrogallol, tandis que, pour détailler l'image, atténuer les contrastes ou combattre la sous-exposition, on prolonge davantage l'immersion dans le carbonate.

Il est facile de voir ici la similitude avec l'opération décrite dans le paragraphe précédent. C'est pour la rendre plus évidente que nous avons choisi pour exemple le révélateur au pyrogallol. En réalité, cette méthode s'applique plus généralement à d'autres révélateurs, moins rapidement altérables.

Au lieu de séparer complètement les constituants du développateur, comme nous l'avons d'abord supposé, on prépare d'ordinaire deux bains de développement complets, mais très différents, l'un contenant une plus forte dose de réducteur (hydroquinone, métol, iconogène, etc.) et de sulfite, tandis que l'autre est beaucoup plus riche en accélérateur (carbonate alcalin, formol, acétone, lithine, etc.). Cette méthode se rapproche alors davantage de celle qu'emploient les professionnels, à l'aide de trois cuvettes, et que nous avons exposée p. 152.

Développement lent. — Les instantanés et, d'une façon générale, les clichés sous-exposés se développent mal dans les révélateurs ordinaires. Les contrastes en sont presque toujours exagérés, les détails manquent dans les ombres et sont empâtés dans les parties claires. On y obvie, comme nous l'avons vu, par addition d'accélérateurs, mais, quand on a plusieurs négatifs à développer, l'opération devient absorbante et fastidieuse. Une autre méthode donne plus facilement les meilleurs résultats. Les négatifs sont très fins, bien détaillés, sans empâtement, et l'opération n'exige pas une surveillance continuelle, mais seulement un contrôle intermittent. Cette méthode consiste à diluer le révélateur, à décupler, par exemple, la quantité d'eau indiquée dans les formules précédentes. Le développement est alors considérablement ralenti, il dure plusieurs heures, mais, si la cuvette est munie d'un couvercle étanche, rien n'empêche de sortir du laboratoire et de venir seulement de temps à autre vérifier la marche de l'opération.

Toutefois, cette durée même s'oppose à ce que cette méthode soit applicable à tous les révélateurs. Ceux qui s'oxydent trop rapide-

ment, comme l'acide pyrogallique, ne sauraient être utilisés de cette manière. Le métol et l'hydroquinone se conservent suffisamment; seulement le premier tend à donner des images trop grises, sans vigueur, tandis que le second produit souvent des clichés peu harmonieux, durs et opaques. Il convient donc de n'employer seul ni l'un ni l'autre de ces réducteurs. En les combinant, on obtient un mélange qui fournit de bonnes images. Néanmoins, comme certaines gélatines supportent mal l'action prolongée des substances alcalines, il vaut mieux avoir recours à la métoquinone, qui permet de préparer un révélateur très peu oxydable et d'où est exclu tout alcali. En le préparant selon la formule de MM. Lumière :

Eau	800 cc.
Métoquinone	1 gr.
Sulfite de soude anhydre	10 —
Bromure de potassium, solution à 10 p. 100	1 cc.

la durée du développement sera d'environ une heure.

Le développement lent s'effectue d'ordinaire en disposant les plaques verticalement dans une cuve à rainures, telle que la cuve Hemdé (fig. 82 et 83). Ce récipient est en kaolithe, faïence de composition spéciale, blanche, mais complètement opaque. Le couvercle s'y adapte de manière à empêcher l'accès de la lumière, ce qui permet d'ouvrir la porte du laboratoire ou de l'éclairer à la lumière blanche pour procéder à d'autres travaux. Suivant les modèles,

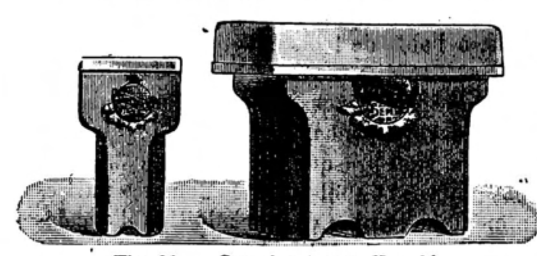


Fig. 82. — Cuve à rainures Hemdé.

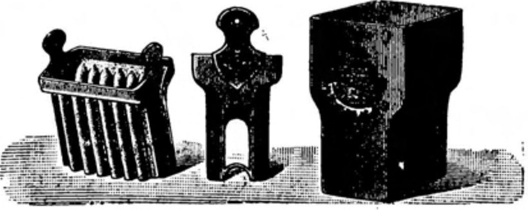


Fig. 83. — Cuve Hemdé à porte-plaques indépendants.

les rainures tiennent à la cuve ou à un porte-plaques indépendant. Des intermédiaires permettent de placer dans le récipient des plaques de format plus petit.

Il est utile, pour obtenir une intensification régulière sur toute la surface des plaques, de les retourner de temps à autre, sens dessus dessous. Si le développement doit durer une heure, on les retournera tous les quarts d'heure. Les plaques seront ensuite lavées abondamment et plongées dans un bain de fixage acide.

Le développement lent n'a pas seulement pour avantage d'adoucir les contrastes des clichés sous-exposés. Il présente aussi plus d'élasticité que les bains concentrés, en cas d'erreur dans le calcul des temps de pose.

Développement chronométré. — Quand la composition du bain révélateur n'est pas modifiée pendant le développement, il existe une relation déterminée entre le temps que l'image met à apparaître et le temps qu'elle mettra à acquérir une intensité convenable. Ainsi, supposons qu'une plaque soit développée au pyrogallol et que la solution contienne $0^{gr},10$ de cette substance pour 100 cc. d'eau. Si l'image commence à se dessiner après une immersion de 30 secondes, nous pourrons cesser de surveiller le cliché et nous contenter de le retirer au bout de 5 minutes, c'est-à-dire après un intervalle égal à 10 fois celui qui s'est écoulé entre l'immersion dans le révélateur et l'apparition des premiers détails.

Cette méthode, étudiée principalement par Watkins, est utile surtout quand la sensibilité de l'émulsion ou un éclairage imparfaitement inactinique obligent à renoncer à l'examen du cliché par transparence. On risque moins le voile, en effet, en regardant la surface de la plaque sans la sortir du révélateur. D'autre part, l'image est quelquefois si embrouillée qu'il est difficile de juger, en la regardant par transparence, de ce que sera son intensité définitive, après le fixage. Le rapport entre le temps d'apparition et l'achèvement du phototype est constant pour un révélateur de même composition, mais varie suivant la nature du révélateur employé et selon le degré de concentration du bain. On appelle *coefficient* d'un révélateur le chiffre qui exprime ce rapport et par lequel on doit multiplier le temps qu'a mis l'image à se montrer pour connaître le temps nécessaire à l'achèvement du développement.

Le coefficient est légèrement différent suivant la sensibilité de l'émulsion et la qualité de la gélatine; il est également modifié par la température, mais, en pratique, ces différences sont si faibles qu'on peut les négliger. Il n'en est pas de même pour la dilution du révélateur, comme on en jugera par les coefficients qu'a déterminés Watkins pour le pyrogallol :

Eau de dilution.	Dose de pyrogallol.	Coefficient.
100 cc.	0 gr. 10	10
	0 gr. 20	6
	0 gr. 40	4
	0 gr. 80	2,5

Le coefficient du diamidophénol est très variable, suivant la quantité de sulfite de soude que contient le révélateur. Il est de 18 à 20 pour une solution de sulfite à 4 pour 100. Le tableau suivant fait connaître les coefficients des autres révélateurs les plus répandus, composés suivant les formules normales :

Adurol	12	Métol	30
Edinol	3	Métol-hydroquinone	14
Glycine	12	Ortol	10
Hydroquinone	5	Paramidophénol	16
Iconogène	9	Pyrocatéchine	6

Développement à durée fixe. — Le développement s'accomplit d'autant plus rapidement que la température est plus élevée. A température égale, une plaque sous-exposée met beaucoup plus de temps qu'une plaque surexposée pour arriver à la même intensité. Néanmoins, c'est une erreur de croire qu'il soit utile de laisser une plaque sous-exposée plus longtemps dans le révélateur qu'une plaque surexposée. En effet, quand l'image commence à se montrer, elle est très faible, mais c'est à ce moment qu'elle offre son maximum de douceur. Plus elle monte ensuite, et plus ses contrastes tendent à s'accentuer et à s'exagérer.

Or, la surexposition produit des images trop douces, ternes et voilées, tandis que la sous-exposition donne des images dures, heurtées. Il y a donc avantage à pousser dans le premier cas le développement au delà de l'intensité voulue, tandis que dans le second il vaut mieux ne pas atteindre la densité normale.

On arrivera aisément à ce résultat, en soumettant la plaque, quelles que soient les circonstances de la pose, à un révélateur de composition bien déterminée et en l'y laissant toujours le même nombre de minutes, égal au temps qu'il faut à une plaque normalement posée pour acquérir l'intensité convenable.

Il est évident qu'en cas de sous-exposition l'image sera souvent trop faible, tandis qu'en cas d'excès de pose elle sera trop opaque; mais il sera facile d'y remédier, après fixage, à l'aide des correctifs habituels, renforçateurs ou affaiblisseurs, qui seront indiqués dans le chapitre suivant. Cette rectification sera presque aussi efficace que le contrôle exercé pendant le développement, avec cet avantage qu'il sera loisible d'y procéder au grand jour, après avoir attentivement examiné le cliché débarrassé du bromure d'argent et s'être bien rendu compte de ce qu'il y avait lieu de faire pour l'améliorer.

La durée du développement est influencée notablement par la température, mais dans des proportions variables suivant la nature du révélateur employé. D'après M. Alves, en employant le pyrogallol à la dose de 0,3 p. 100, la durée du développement serait de 2 minutes 1/2 à 25°, de 5 minutes à 20° et de 7 minutes 1/2 à 15°. Il faut donc tenir compte de la modification que nécessite l'état thermométrique ou, ce qui est préférable, opérer toujours, autant que possible, à peu près à la même température, par exemple entre 18 et 22 degrés. C'est là, du reste, une condition que l'on devrait observer dans toutes les méthodes de développement. Trop froid, le bain perd la plus grande partie de son énergie, et les détails dans les ombres manquent presque toujours. Trop chaud, il risque de provoquer la réticulation et même la fusion de la gélatine.

En outre, le développement à durée fixe exige que le révélateur soit toujours composé de la même manière et ne serve qu'une seule fois, car un bain déjà employé agit beaucoup plus lentement qu'un bain neuf. De plus, s'il s'agit d'un révélateur qui perd assez vite ses propriétés, comme le diamidophénol et surtout l'acide pyrogallique, il ne faudra faire usage que de solutions fraîchement préparées.

Avec un bain neuf, de composition connue, employé à une température déterminée, on peut donc se dispenser de regarder le

cliché, et il suffit de consulter une montre. Cette méthode est particulièrement commode quand il est nécessaire de procéder au développement en dehors du laboratoire. Elle est susceptible de rendre les plus grands services aux explorateurs qui tiennent à s'assurer sur place des résultats obtenus et à ne pas risquer de voiler leurs clichés avant de pouvoir les achever. D'autre part, les amateurs peu exercés risquent moins d'échouer dans la pratique du développement, en suivant une méthode en quelque sorte mécanique qu'en surveillant l'action du révélateur et en essayant de le conduire à leur gré. Enfin, les émulsions orthochromatiques très sensibles se prêtent difficilement au développement contrôlé; aussi verrons-nous que les plaques destinées à la photographie en couleurs sont généralement soumises au développement à durée fixe : on trouvera, dans le chapitre XVIII, le mode de préparation et le mode d'emploi des révélateurs utilisés en pareil cas.

Développement en machine. — La méthode précédente a suggéré à divers constructeurs l'idée de combiner certaines *machines à développer* qui dispensent l'amateur de tout laboratoire. Telle est, entre autres, la cuve Kodak pour les pellicules en rouleaux, à l'aide de laquelle toutes les opérations se font en plein jour. La bobine pelliculaire extraite de la chambre noire, comme on l'a vu au chapitre I, est d'abord introduite dans la boîte à enrouler (fig. 84). La pellicule placée en B est enroulée, en même temps que le tablier opaque A, sur une bobine métallique Y dont l'axe est relié à la manivelle D. La bobine ainsi recouverte de cette double bande est ensuite plongée dans la cuve à développement (fig. 85). Cette cuve contient le révélateur, que l'on a préparé en faisant dissoudre un mélange de sels convenablement dosés. La composition de ce bain est telle



Fig. 84. — Boîte à enrouler.


Fig. 85. — Cuve à développement.

que la durée du développement soit de 20 minutes. Pendant ce laps de temps, aucune attention n'est nécessaire, et la seule précaution à observer est de renverser deux ou trois fois la cuve, afin d'égaliser l'action révélatrice. Un couvercle fermant hermétiquement empêche le liquide de se répandre pendant ce mouvement. Le développement achevé, soit au bout de 20 minutes, la cuve est vidée, et le révélateur est remplacé d'abord par de l'eau pure, puis par le fixateur. On peut même fixer en plein jour, dans un récipient quelconque. La Compagnie Kodak a également combiné des appareils pour le développement des plaques et des pellicules du *film-pack*. On peut opérer de même à l'aide des laboratoires portatifs constitués par des boîtes munies de manches opaques. Dans ce cas, une cuvette ordinaire suffit.

Développement en lumière actinique. Désensibilisateurs. — Pour beaucoup de photographes, l'apparition de l'image latente est la plus intéressante de toutes les opérations photographiques, et ils seraient bien aises d'en suivre les phases à la clarté du jour, ou tout au moins en usant d'un éclairage moins parcimonieusement dosé que celui qui leur est ordinairement recommandé. D'autre part, l'attention et les soins que le développement réclame de quiconque veut le mener à bien s'accommodent mal des conditions défectueuses dans lesquelles il fallait jadis le conduire. Souvent, l'amateur devait se contenter d'un local exigu, sans aération ni moyen de chauffage; il y suait en été, il y grelottait l'hiver, et n'était pas seul à pâtir des écarts de la température : le phototype s'en ressentait aussi, car la plupart des révélateurs n'agissent bien qu'entre 18 et 25 degrés. Plus froid, le bain n'est pas assez actif, et l'image reste incomplète; plus chaud, il risque d'occasionner des craquelures ou même de provoquer la fusion de la gélatine. Enfin, comment reconnaître nettement, à la lueur rouge ou verte de la lanterne de laboratoire, si l'image est suffisamment vigoureuse et si les détails en sont assez fouillés?

La solution rêvée serait de trouver un réactif susceptible de supprimer la sensibilité de l'émulsion, sans détruire l'image latente. Ces deux conditions ne sont nullement inconciliables, comme on l'avait d'abord supposé, et des résultats très suffisants, dans la pratique courante, ont déjà été obtenus. Si, par exemple, on plonge

une plaque dans une solution d'iodure de potassium, le bromure d'argent est transformé en iodure insensible à la lumière, et l'image latente se développe encore. L'ioduration préalable doit s'effectuer à l'abri de la lumière blanche, mais le développement peut ensuite être contrôlé sous un éclairage largement suffisant pour bien voir les détails.

Nous avions jadis proposé cette méthode, en la simplifiant par l'introduction de l'iodure alcalin dans le révélateur. Après quelques tâtonnements, nous avions adopté la formule suivante, publiée dans *Photo-Revue* du 4 juin 1911, page 183 :

Eau	100 cc.
Sulfite de soude anhydre	4 gr.
Diamidophénol	0,5
Iodure d'ammonium	0,4

La plaque était d'abord immergée dans ce bain à l'abri de la lumière actinique; mais, au bout de deux minutes, on pouvait s'éclairer largement, sans inconvénient. Malheureusement, ce traitement ne convenait qu'aux phototypes surexposés : avec un temps de pose normal, le révélateur n'était pas suffisamment énergique, et l'image manquait de détails. M. F. Renwick a évité cet inconvénient en ajoutant au révélateur un carbonate alcalin; mais l'opération doit être scindée. La plaque est d'abord iodurée dans :

Eau	100 cc.
Iodure de potassium	1 gr.
Sulfite de soude cristallisé	2 —
Sulfocyanate de potassium	3 —

Après 10 minutes d'immersion, on peut opérer en lumière actinique. On lave abondamment, et l'on passe dans le révélateur :

Eau	100 cc.
Sulfite de soude cristallisé	10 gr.
Diamidophénol	0,5
Carbonate de soude cristallisé	10 —

Des plaques rapides ont pu être ainsi développées à quelques millimètres d'une lampe de 25 bougies, dans une salle d'ailleurs largement éclairée, et les clichés obtenus dans ces conditions ne le cédaient en rien à ceux que l'on traite dans le cabinet noir.

Un procédé plus rapide et d'une application plus générale est

actuellement fourni par certaines matières colorantes. M. Lüppo-Cramer avait d'abord observé qu'après une minute d'immersion dans une solution très diluée de chlorhydrate de diamidophénol (0,05 pour 100), une plaque peut être développée en éclairage jaune assez intense pour voiler complètement une émulsion de même marque non soumise à ce traitement préalable. Celui-ci réduit la sensibilité de l'émulsion à 1/200 de ce qu'elle était auparavant. Le même expérimentateur a pu réduire la sensibilité à 1/600, en employant, dans les mêmes conditions, une solution de triamidotoluol.

Il a, enfin, réalisé une désensibilisation bien supérieure (1/1.000 environ), avec une solution de phénosafranine à 1 pour 2.000. La plaque y est laissée pendant une minute, puis sommairement rincée et plongée dans le révélateur. On peut alors surveiller le développement à la lumière d'une bougie à feu nu. Le cabinet noir n'est donc plus indispensable, car, si la plaque doit être préservée de la lumière actinique au moment où on la plonge dans le désensibilisateur, cette opération peut s'accomplir aisément à l'abri d'un voile ou d'un manchon en étoffe opaque.

Le fixage s'effectue en bain acide. On lave ensuite, pendant 30 minutes, au moins, et, s'il reste encore des traces de coloration rouge, on les fera disparaître dans de l'eau acidulée par 1 p. 100 d'acide nitrique, additionnée de 2 à 5 p. 100 d'alun pour éviter tout risque de ramollissement de la gélatine.

M. R. Namias a vérifié que le bromure d'argent traité par la phénosafranine acquiert une résistance remarquable aux risques de voile chimique; de sorte que l'on peut prolonger le développement ou augmenter la dose d'alcali et obtenir ainsi des clichés très complets sur plaques sous-exposées. Cet avantage se manifeste surtout quand on emploie l'hydroquinone.

La désensibilisation offre un intérêt tout particulier dans le traitement des plaques *autochromes* (v. chapitre XVIII), dont l'émulsion est tellement sensible à toutes les radiations visibles qu'il fallait auparavant s'en tenir au développement chronométré. L'emploi d'un éclairage jaune verdâtre très atténué permettait seulement de déterminer la durée d'apparition des premiers contours du négatif, d'où se déduisait la durée totale du développement

ou la modification du révélateur. Détermination d'autant plus difficile que la lumière était plus faible. Cette difficulté disparaît avec la phénosafranine, qui permet même de procéder au développement constamment contrôlé, soit près d'une bougie à feu nu, soit à 3 m. d'une lampe de 25 bougies. La coloration rouge de la gélatine est complètement détruite dans le bain d'inversion au permanganate (v. page 372); mais, par suite de la désensibilisation du bromure d'argent non décomposé par le premier développement, l'exposition à la lumière qui précède le développement de l'image positive devra être suffisamment prolongé.

D'autres désensibilisateurs ont été proposés : le bleu méthylène, l'auramine, l'acide picrique, etc. MM. Lumière et Seyewetz ont adopté, pour les plaques autochromes, l'aurantia (sel ammoniacal) en solution à 1 p. 100, qui a l'avantage de ne pas modifier la durée du développement, tandis que la phénosafranine la prolonge plus ou moins suivant les cas, ce qui n'offre d'ailleurs un inconvénient que pour le développement chronométré. Il convient, du reste, de remarquer que les propriétés désensibilisatrices de l'aurantia sont légèrement inférieures à celles de la phénosafranine.

Développement et fixage simultanés. — Le développement à durée fixe a suggéré une notable simplification des procédés négatifs. En effet, une fois admise la possibilité de laisser agir le révélateur pendant un laps de temps déterminé, toujours le même, quelles que soient les circonstances de la pose, il devient aisé de combiner les deux opérations, d'ordinaire distinctes et séparées par de copieux lavages, du développement et du fixage. L'essentiel est de mélanger le révélateur et le fixateur dans des proportions telles que l'image obtenue dans ces conditions ne soit ni trop faible ni trop noire. Si le fixateur agit trop vite, le bromure d'argent impressionné sera dissous avant d'être réduit par le révélateur, et l'on n'aura qu'une image incomplète; si, au contraire, l'action dissolvante est trop lente, le révélateur noircira trop de bromure, et l'intensité du phototype sera exagérée.

La rapidité d'action du fixateur est, toutes choses égales d'ailleurs, à peu près proportionnelle à sa concentration, à sa teneur en hyposulfite de soude. Quant aux autres éléments susceptibles d'accélérer ou de ralentir son activité (température, épaisseur de

l'émulsion, dureté de la gélatine), comme ils influent aussi, et dans des proportions pratiquement peu différentes, sur l'activité du révélateur, il suffit, pour obtenir des résultats sensiblement constants, de doser convenablement les deux réactifs.

Il y a plus : la présence du fixateur dans le révélateur tend à corriger, dans une certaine mesure, les erreurs de pose et à diminuer les différences d'intensité qui pourraient en résulter pour les phototypes soumis au développement à durée fixe. En effet, lorsqu'il y a eu excès de pose, l'image se développe trop rapidement et sera trop noire si, au lieu de surveiller le cliché, on se borne à consulter une montre. Mais comme, en pareil cas, il reste peu de bromure à dissoudre, l'hyposulfite peut achever plus rapidement son œuvre. D'autre part, à mesure que le révélateur décompose le bromure d'argent, il s'oxyde, et son activité se ralentit. Plus l'image se détaille et gagne en intensité, plus le révélateur s'affaiblit. Il arrive ainsi que l'action dissolvante de l'hyposulfite devient prépondérante plus tôt qu'elle n'aurait pu le faire si la pose avait été moins longue.

Au contraire, en cas de sous-exposition, l'image est longue à se montrer et à acquérir une intensité suffisante. L'action dissolvante de l'hyposulfite commence aussitôt, mais, comme il reste beaucoup de bromure non décomposé, le pouvoir dissolvant s'épuise peu à peu, et le fixage se ralentit de telle sorte que le révélateur peut continuer à agir plus longtemps.

Il ne faut pas conclure de là que la compensation soit rigoureusement parfaite : nous avons seulement voulu expliquer comment elle peut être presque toujours suffisante. En fait, les clichés surexposés sont un peu trop noirs, et les clichés sous-exposés un peu trop faibles, mais le résultat n'est franchement mauvais que dans les cas où l'erreur de pose est telle que le développement contrôlé et distinct du fixage n'aurait lui-même abouti qu'à un échec.

Diverses formules de développement-fixage ont été proposées : en 1898, M. Punnett proposait l'emploi de l'ortol; trois ans plus tard, P. Hannecke utilisait le métol et la pyrocatéchine; en 1904, Thorne Backer obtenait, à son tour, des résultats intéressants, avec l'édinol et l'hydroquinone. Les solutions combinées par ces expérimentateurs présentaient plusieurs inconvénients : les clichés

étaient durs, heurtés, et l'opération exigeait parfois une heure et plus. La formule de MM. Lumière et Seyewetz a l'avantage de fournir un négatif développé et fixé en 25 minutes :

Eau	1.000 cc.
Sulfite de soude anhydre	32 gr.
Chloranol	6 —
Soude caustique	5 —
Hyposulfite de soude	60 —

Ce mélange ne se conserve pas et ne doit être préparé qu'au moment de l'emploi. La plaque est immergée à l'abri de la lumière actinique, mais l'opération n'exige aucune surveillance. Au bout de 25 à 30 minutes, on n'a qu'à sortir la plaque, au grand jour, et procéder au lavage. En cas de surexposition, les clichés sont un peu trop noirs, et dans le cas contraire ils manquent de vigueur ; mais on peut généralement y remédier, à l'aide des correctifs habituels, affaiblisseurs ou renforçateurs, indiqués au chapitre suivant.

M. Bunel a trouvé une excellente formule, en combinant le diamidophénol et l'acétone :

Eau	1.000 cc.
Diamidophénol	5 gr.
Sulfite de soude anhydre	30 —
Acétone	80 cc.
Hyposulfite de soude	50 gr.

Les clichés ainsi obtenus sont généralement d'une bonne intensité et bien détaillés. Les plaques diapositives (v. chapitre XIV) à tons noirs s'accommodent particulièrement bien de ce révélateur-fixateur, et l'automatisme de l'opération rend le travail expéditif et facile.

Le développement-fixage ne semble pas, jusqu'à présent, appelé à supplanter la méthode ordinaire ; mais il rendra certainement service au photographe momentanément privé de luminaire inactinique et de désensibilisateur.

Développement après fixage. — Cette méthode résoudrait, mieux que toute autre, le problème du développement en pleine lumière, si elle ne restait, jusqu'à présent, limitée aux plaques fortement surexposées. Elle réussit mieux avec les émulsions lentes qu'avec les préparations très rapides. La plaque est d'abord plongée, à

l'abri de la lumière actinique, dans une solution d'hyposulfite de soude à 2 p. 100, qui dissout très lentement le bromure d'argent. La gélatine paraît alors complètement transparente, et, si on l'examine au grand jour (ce qui n'offre plus aucun inconvénient), on n'y découvre aucune trace d'image. L'impression latente y subsiste néanmoins, et, pour la révéler, il suffit de traiter la plaque par un révélateur *physique,* préparé en combinant deux solutions:

A. *Solution de réserve :*

Eau distillée	100 cc.
Nitrate d'argent	4 gr.
Sulfocyanure d'ammonium	24 —
Sulfite de soude anhydre	12 —
Hyposulfite de soude	5 —
Solution de bromure de potassium à 10 p. 100.	6 gouttes.

B. *Révélateur au métol :*

Eau distillée	120 cc.
Métol	2 gr.
Sulfite de soude anhydre	10 —

Au moment de l'emploi, on mélange :

A	5 cc.
B	120 —

La durée du développement est très variable et dépend non seulement de la pose, mais aussi de la nature de l'émulsion. Parfois 3 minutes suffisent, tandis que dans certains cas il faut douze heures. Ce procédé fournit des images remarquablement fines, même quand le grain de l'émulsion est très grossier. Il laisse une très grande latitude dans l'appréciation du temps de pose, car, s'il est nécessaire d'éviter la sous-exposition, il n'arrive presque jamais que la surexposition soit assez forte pour aboutir à un échec. Son principal avantage est de permettre le contrôle du développement au grand jour. Le fixage préalable doit s'effectuer dans l'obscurité, mais il n'exige aucune surveillance : au bout de trois quarts d'heure, la plaque est lavée, de manière à éliminer l'hyposulfite, puis développée immédiatement ou mise à sécher, si l'on préfère révéler l'image ultérieurement. Cette combinaison serait donc très pratique en voyage, puisqu'il suffirait d'emporter un peu d'hyposulfite, à condition de surexposer largement.

OUVRAGES A CONSULTER

E. COUSTET, *le Développement en pleine lumière*, Paris (Gauthier-Villars), 1905.

F. DILLAYE, *le Développement en photographie*, Paris (J. Tallandier).

J.-M. EDER, *Die wissenschaftliche Grundlage der Photographie mit Bromsilber- und Chlorsilbergelatine*, 5e édition, Halle a/S. (W. Knapp).

J.-M. EDER, *Die Praxis der Photographie mit Bromsilber- und Chlorsilbergelatine*, 5e édition, Halle a/S. (W. Knapp).

H. EMERY, *le Développement du cliché photographique*, Paris (Ch. Mendel).

A. DE LA BAUME-PLUVINEL, *le Développement de l'image latente*, Paris (Gauthier-Villars), 1889.

A. LONDE, *Traité pratique du développement*, 4e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1904.

A. ET L. LUMIÈRE, *les Développements organiques en photographie et le Paramidophénol*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.

L. MATHET, *Etude complète sur le développement et les développateurs*, Paris (Société générale d'éditions), 1891.

M. MOLINIÉ, *Comment on obtient un cliché photographique. Notions de chimie photographique. Technique et Pratique du développement*, Paris (Gauthier-Villars), 1902.

H. REEB, *Etude sur l'hydroquinone*, Paris (Gauthier-Villars), 1890.

R.-A. REISS, *Die Entwicklung der photographischen Bromsilber-Trockenplatte und die Entwickler*, Halle a/S. (W. Knapp).

A. SEYEWETZ, *le Développement de l'image latente*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.

A. SEYEWETZ, *le Négatif en photographie*, Paris (O. Doin), 1911.

E. TRUTAT, *le Cliché photographique*, Paris (Ch. Mendel), 1902.

CHAPITRE VIII

L'ACHÈVEMENT DU PHOTOTYPE

Fixage. — Le cliché développé est d'abord lavé sommairement, puis immergé dans le bain de fixage, ordinairement constitué par une solution d'hyposulfite de soude à 20 p. 100 environ. Un changement de concentration n'a pas d'autre conséquence que d'abréger ou d'allonger l'opération. Ce bain dissout le bromure d'argent qui n'a pas été décomposé par le révélateur. Il est facile de suivre la marche du fixage, en examinant de temps à autre le dos de la plaque : la couche, primitivement blanchâtre, semble noircir à mesure que le sel d'argent est éliminé. En réalité, elle devient plus transparente, comme on peut s'en rendre compte en la plaçant devant la lanterne et en l'observant par lumière transmise. Quand les dernières traces d'opalescence ont disparu, la plaque est retirée du fixateur et soumise aux lavages qui doivent éliminer l'hyposulfite.

Quelques opérateurs pratiquent le fixage en pleine lumière. Cependant, s'il reste encore dans la couche quelques traces du révélateur, le cliché risque d'être légèrement voilé. Il est donc préférable de laisser la plaque soustraite aux radiations actiniques, au moins pendant les premiers instants du fixage. Le fixateur peut servir pour plusieurs clichés, jusqu'à ce qu'il soit trop coloré. Un bain de fixage à réaction légèrement acide donne des images plus pures et brunit moins rapidement. La formule suivante conduit à de bons résultats :

A.	Eau	1.000 cc.
	Hyposulfite de soude	250 gr.
B.	Eau	60 cc.
	Sulfite de soude	7 gr. 5
	Acide sulfurique	5

L'acide ne sera ajouté qu'après la dissolution du sulfite. On versera ensuite la solution B dans la solution A.

Durcissement de la couche. — Pour durcir la gélatine, l'empêcher de fondre ou de se craqueler dans des eaux de lavage trop chaudes, ou encore pour avoir la possibilité de sécher rapidement le cliché à chaud, on conseille parfois d'ajouter de l'alun à la solution d'hyposulfite. Cette combinaison est à éviter, car l'alun décompose l'hyposulfite, détermine un précipité de soufre et provoque la sulfuration des images, ce qui en compromet la conservation. Cet inconvénient sera cependant éludé, en ajoutant du bisulfite de soude au fixateur, qui sera alors constitué ainsi :

Eau	1.000 cc.
Hyposulfite de soude	200 gr.
Bisulfite de soude liquide	15 cc.
Alun de chrome	5 gr.

Il est préférable de séparer le fixage et le durcissement.

L'alun de potasse détermine une insolubilisation suffisante, si l'on doit se borner à laver la plaque dans de l'eau dont la température ne dépasse pas 35° à 38°. Mais si l'on veut employer de l'eau plus chaude ou accélérer la dessiccation de la gélatine en la faisant chauffer, alors il faut recourir à l'alun de chrome ou au formol.

La concentration du bain de durcissement à l'alun ordinaire sera d'environ 20 p. 100. La plaque, sommairement lavée après fixage, y sera laissée de 5 à 10 minutes. Ce passage à l'alun n'a pas pour seul avantage de rendre la gélatine plus résistante : il éclaircit le cliché, surtout après le développement au pyrogallol, et décolore sensiblement la gélatine jaunie.

L'alun de chrome n'insolubilise suffisamment qu'en présence d'un excès d'alcali. La solution de ce sel à 15 ou 20 p. 100 sera donc additionnée d'ammoniaque jusqu'à ce qu'un léger trouble se manifeste. Le cliché y sera alors immergé pendant 4 ou 5 minutes.

Le tannage de la couche par le formol s'effectuera dans :

Eau	100 cc.
Aldéhyde formique (formol commercial)	15 —

Le négatif préalablement lavé y restera pendant 3 minutes et sera ensuite lavé à l'eau chaude pendant quelques instants. L'inso-

lubilisation de la gélatine est alors assez complète pour que la couche résiste à la dessiccation sur le feu. Toutefois, la couche ainsi durcie subit un retrait qui en occasionne assez souvent le décollement, au bout d'un certain temps.

Elimination de l'hyposulfite. — Le cliché fixé doit être abondamment lavé, jusqu'à ce que la gélatine ne contienne plus aucune trace d'hyposulfite. Un lavage de deux heures dans une eau fréquemment renouvelée est nécessaire, et il est même prudent de le prolonger encore davantage. Si l'on a plusieurs clichés, il sera plus commode de les laver tous simultanément dans une cuve à rainures en zinc ou en verre (fig. 86). Un robinet ou un bouchon permet de vider de temps à autre le récipient, sans le déplacer, et de renouveler l'eau périodiquement, ou, au contraire, d'établir un courant qui la renouvelle constamment : la cuve, dans ce cas, est placée sous un robinet dont on règle le débit de façon que l'eau qui s'échappe de l'orifice inférieur soit remplacée par celle qui arrive du conduit supérieur.



Fig. 86. — Cuve à lavages.

Si l'on ne dispose que d'une faible provision d'eau, on procédera autrement. Il résulte des expériences de M. P. von Janko que trois changements d'eau suffisent à l'élimination de l'hyposulfite, si l'on emploie 2 cc. 1/2 d'eau par centimètre carré de la plaque, et si l'on change cette eau toutes les deux heures seulement. On n'emploie donc que 7 cc. 1/2 d'eau pour chaque centimètre carré, mais le lavage dure alors 6 heures. Avec 10 centimètres cubes d'eau par centimètre carré, c'est-à-dire en changeant d'heure en heure quatre fois les 2 cc. 1/2 qui recouvrent chaque centimètre carré, quatre heures suffisent. Et on peut laver complètement une plaque en 50 minutes, si l'on change l'eau toutes les 5 minutes. C'est la méthode qui demande la moindre quantité d'eau et abrège le plus les lavages, parce que dans l'eau courante l'élimination ne se produit pas dans les mêmes proportions.

On peut aussi abréger les lavages en décomposant l'hyposulfite à l'aide de réactifs donnant naissance à des produits très solubles, faciles à éliminer. On peut employer à cet effet l'eau

oxygénée neutre, l'iode, le percarbonate de potassium, le persulfate d'ammoniaque exactement neutralisé ou additionné de certaines substances alcalines. Cette dernière combinaison constitue le *thioxydant* Lumière. Après le fixage, la plaque est lavée environ 2 minutes à l'eau courante. On la laisse ensuite 5 minutes dans une solution de thioxydant à 10 p. 100, et l'on termine par un lavage de 2 minutes à l'eau courante.

Un autre procédé consiste à rendre la gélatine insoluble et à laver la plaque dans l'eau chaude. L'hyposulfite est alors très rapidement éliminé.

Quelle que soit la méthode adoptée, on pourra s'assurer que la dernière eau de lavage ne contient plus aucune trace d'hyposulfite. Il existe à cet effet plusieurs réactifs très sensibles. Nous indiquerons seulement les deux plus simples.

Le premier est constitué par l'empois d'amidon additionné d'eau iodée, préparée en mettant quelques gouttes de teinture d'iode dans 100 cc. d'eau. Il se forme ainsi de l'iodure d'amidon bleu. Cet iodure bleu, mis en présence de l'eau de lavage, se décolorera s'il y reste de l'hyposulfite.

Le second réactif est constitué par :

Eau..	1.000 cc.
Permanganate de potasse.....................	1 gr.
Carbonate de potasse........................	1 —

Cette solution est violette. On en verse quelques gouttes dans l'eau de lavage : si le mélange se décolore, c'est qu'il contient encore de l'hyposulfite; s'il reste coloré, le lavage est suffisant.

Dessiccation. — Le cliché lavé est mis à sécher verticalement (fig. 87) : si on le posait à plat, il se couvrirait de poussières qui resteraient adhérentes à la gélatine.

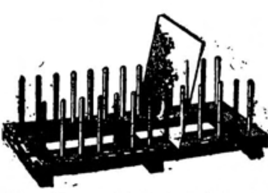
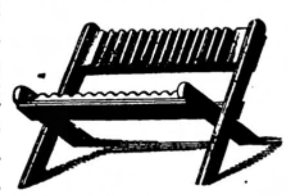


Fig. 87. — Séchoir à fiches.



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 88. — Séchoir pliant.

On construit des séchoirs pliants à rainures (fig. 88) sur lesquels peuvent être placées une douzaine de plaques. Le séchage est lent,

sur ces supports, car l'évaporation est gênée par la proximité des plaques. Si l'on dispose d'un local suffisant, il sera préférable d'y faire établir une longue étagère à claire-voie sur laquelle les plaques seront rangées les unes à côté des autres, debout contre le mur.

Pour activer la dessiccation, si l'on est sûr que la gélatine est bien insolubilisée, on pourra chauffer la plaque avec précaution pour ne pas briser le verre. Sinon, on la placera dans une boîte contenant du chlorure de calcium. Cette substance, très avide d'eau, ne doit pas être mise en contact avec la gélatine.

Un autre moyen d'abréger le séchage est de plonger la plaque dans l'alcool à 90°, qui s'empare rapidement de l'eau. Au bout de 5 minutes, pendant lesquelles on aura agité la cuvette, la plaque sera retirée, et la couche légèrement tamponnée avec un linge très doux. Le mélange d'alcool et d'eau demeuré dans la couche s'évaporera rapidement. Il va sans dire que la plaque traitée par l'alcool ne devra pas être approchée du feu. L'alcool ainsi employé contient une quantité d'eau qui augmente à chaque opération; il finit donc par ne plus agir efficacement. Pour le régénérer, on le versera dans un flacon contenant du plâtre, qui s'emparera de l'eau.

Les pellicules ne seront traitées ni par la chaleur ni par l'alcool : la chaleur ramollit le celluloïd, substance d'ailleurs très inflammable, et l'alcool le dissout partiellement. La dessiccation peut, à la rigueur, être accélérée par le chlorure de calcium, mais le mieux est de laisser sécher les pellicules à l'air libre, à la température ordinaire, après les avoir piquées sur une planchette. On fabrique à cet effet des pointes spéciales à tête de verre.

Correctifs du développement. — Quel que soit le mode de développement appliqué au phototype, il arrive souvent que l'image ne présente pas la meilleure intensité qui convienne au tirage. Si le négatif est trop opaque, le positif s'impressionnera trop lentement, et les détails manqueront dans les espaces clairs; s'il est trop faible, le positif sera dépourvu de vigueur, et les détails feront défaut dans les ombres. De là la nécessité de corriger l'image obtenue par développement, soit en la renforçant, soit en l'affaiblissant. Cette opération supplémentaire, trop souvent négligée, est cependant très importante, car elle permet de modifier non seulement la densité générale du cliché, mais aussi le rapport de ses valeurs,

qui seront, à volonté, accentuées ou adoucies, suivant la nature du renforçateur ou de l'affaiblisseur dont on aura fait choix.

Renforçateur au bichlorure de mercure. — Le cliché, dont l'hyposulfite aura été préalablement éliminé, est d'abord immergé dans :

Eau	100 cc.
Bichlorure de mercure (sublimé corrosif)	5 gr.

L'image blanchit peu à peu, par suite de la transformation de l'argent qui la constituait en un chlorure double d'argent et de mercure. Si la plaque est placée dans une cuvette de carton noir, elle montre par réflexion un positif très fin. Quand le degré de chloruration que comporte l'état du cliché se trouve atteint, ce dont la pratique seule permet de juger, on lave abondamment la plaque, pour en éliminer l'excès de sel mercuriel, puis on la plonge dans le bain de noircissement, où elle acquiert toute son intensité. Ce second bain peut être constitué de diverses façons. Le plus mauvais et pourtant le plus fréquemment employé est une solution d'ammoniaque ordinaire à 10 p. 100. Le noircissement y est immédiat, mais l'action en est inégale, et l'image ainsi traitée manque de stabilité. L'hyposulfite, les sulfures, les alcalis et les carbonates alcalins, tour à tour préconisés par divers chimistes, ne sont pas plus recommandables. Le sulfite de soude vaudrait mieux, mais ne détermine qu'une intensification souvent insuffisante, surtout dans les demi-teintes, qui se trouvent beaucoup moins renforcées que les opacités, d'où résulte une notable exagération des contrastes primitifs. Quant à l'iodure de potassium, il rend l'image si dure, si heurtée, qu'il convient d'en limiter l'application aux reproductions de dessins au trait.

Le noircissement à l'aide d'un second développement est préférable, seulement il n'y a guère que l'oxalate ferreux qui satisfasse aux conditions requises. Les autres révélateurs, en effet, contiennent du sulfite et une substance alcaline, et c'est alors la présence de ces matières qui joue le principal rôle dans le noircissement, avec les inconvénients que l'on cherchait justement à éviter. Un procédé plus simple, basé sur l'emploi du chlorure stanneux, fournit un bon noircissement. Dans 100 cc. d'eau, on fait dissoudre 2 gr. d'acide tartrique, puis, la dissolution achevée, on y ajoute

2 gr. de protochlorure d'étain. Ce mélange est très altérable à l'air. Il a, d'ailleurs, si peu de valeur et la préparation en est si rapide, qu'il n'y a pas lieu de chercher à le conserver. Mais il sert, sans inconvénient, à noircir successivement plusieurs clichés dans la même séance.

Les clichés renforcés au bichlorure de mercure jaunissent parfois. Cet accident est dû, selon M. Haddon, au sel mercuriel qui se fixe sur la gélatine en formant un composé presque insoluble, très difficile à éliminer, et dont la présence provoque l'altération de l'image. On peut l'éviter en ajoutant à la solution de bichlorure 1 p. 100 d'acide chlorhydrique et en effectuant le premier lavage dans de l'eau également additionnée de 1 p. 100 du même acide. Suivant la *Photographische Industrie,* on éviterait tout risque de jaunissement si, après avoir blanchi l'image au bichlorure, on la noircissait dans :

Eau	100 cc.
Formol du commerce	10 —
Solution de potasse caustique à 10 p. 100	1 —

Il est à remarquer que lorsqu'un cliché renforcé au sublimé est ensuite *pelliculé,* c'est-à-dire séparé du verre que recouvrait l'émulsion, comme c'est le cas dans la plupart des procédés d'impressions photomécaniques, où l'image doit être retournée, cette image perd beaucoup de son intensité dans les bains auxquels on la soumet pour détacher la couche de son support. M. Namias y remédie en procédant au pelliculage avant le noircissement : le cliché est donc blanchi au bichlorure et lavé sur son support de verre, puis pelliculé, et n'est noirci que lorsqu'il est reporté sur le support définitif. En opérant ainsi, l'intensité ne se trouve nullement altérée.

La solution de bichlorure de mercure sert au blanchiment d'un assez grand nombre de phototypes. La conservation en est très différente selon la qualité de l'eau employée à sa préparation. Sous l'influence de l'air, de la lumière et des matières organiques, le sel mercuriel dissous dans l'eau ordinaire se décompose assez rapidement, en donnant un précipité de calomel insoluble. O retarde cette altération en conservant le flacon dans l'obscurité; une légère addition d'acide tartrique ou chlorhydrique augmente encore la stabilité, mais le mieux est de faire usage d'eau distillée.

Renforçateur à l'iodure de mercure. — Le cliché fixé et lavé, au besoin très sommairement (l'élimination complète de l'hyposulfite n'est pas indispensable), est plongé dans :

Eau	100 cc.
Sulfite de soude anhydre	10 gr.
Iodure mercurique	1 —

L'image n'y blanchit pas, comme dans le bichlorure, mais s'y renforce directement, en prenant une nuance indigo. La marche de l'intensification est, dès lors, facile à contrôler et à interrompre, au moyen d'un lavage, aussitôt que l'effet désiré est atteint. L'action de l'iodure mercurique est moins brutale que celle du bichlorure, les demi-teintes sont mieux conservées, et il ne se produit ni les stries ni les irrégularités de coloration qui sont toujours à redouter lors du noircissement d'un cliché blanchi dans le bichlorure. En revanche, la solution d'iodure mercurique ne peut pas être conservée pour servir à une opération ultérieure : il faut la jeter, tandis que le bichlorure sert jusqu'à épuisement.

L'image renforcée à l'iodure a une certaine fixité, mais risque, néanmoins, de jaunir avec le temps, surtout sous l'influence de l'air humide. On évite cet accident en développant, après lavage, dans un révélateur quelconque.

Si le renforcement a été trop intense, on peut le diminuer dans une solution d'hyposulfite, avant le second développement. Après ce développement, l'image peut encore être éclaircie, mais il faut alors employer l'un des affaiblisseurs qui seront analysés plus loin (persulfate, acide chromique, etc.).

Renforçateur au ferricyanure d'urane. — Le cliché, soigneusement lavé, de manière à ne plus contenir la moindre trace d'hyposulfite, est plongé dans :

Eau	100 cc
Acide citrique	2 gr. 5
Nitrate d'urane	1 —
Ferricyanure de potassium	0 — 8

Ce mélange doit être préparé en faisant dissoudre séparément chacune des substances qui le constituent dans une portion de l'eau préalablement mesurée. On mélange ensuite les trois solutions, et l'on y ajoute le reste de l'eau. Ce bain ne se conserve pas et doit

être préparé seulement au moment de l'emploi. La complication relative de cette préparation s'accorde mal avec les conditions actuelles de la photographie d'amateur, où tout est simplifié et facilité, mais le commerce fournit le renforçateur à l'urane sous forme de mélange en poudre, qu'il suffit de faire dissoudre dans de l'eau ordinaire. Il n'est même pas nécessaire de peser exactement cette poudre; rien n'empêche de s'en tenir à un simple dosage à la cuiller, en sorte que le bain n'est pas plus difficile à préparer qu'un verre d'eau sucrée.

Théoriquement, la méthode à l'urane est plutôt un virage qu'un renforcement proprement dit, mais, en fait, elle aboutit à un résultat équivalent. Les opacités du cliché ne sont pas accrues par un dépôt métallique supplémentaire : leur ton est simplement changé du noir à une nuance brune beaucoup moins actinique, et cette particularité nous fait déjà prévoir que les valeurs de l'image ainsi traitée conserveront leurs valeurs relatives.

Cet avantage n'est pas le seul : le virage à l'urane renforce, en somme, plus énergiquement que les renforçateurs précédents et permet ainsi d'arriver à des intensités très fortes en partant d'images très faibles, et cela sans empâter les lumières, en sorte qu'on en obtient des clichés très harmonieux, quoique très vigoureux.

Si le cliché est sec, il faut le mouiller pendant quelques instants, avant de commencer le renforcement : l'opération marche alors très régulièrement. L'examen par transparence montre l'intensification graduelle de l'image, qui prend peu à peu la teinte sépia. Cette couleur trompe parfois le débutant; il faut quelques essais pour apprendre à juger de l'intensité réelle du phototype d'après son intensité apparente. Arrivé au point voulu, on arrête le virage en lavant à l'eau courante, jusqu'à complète disparition de la teinte jaunâtre qui colore les parties transparentes. Toutefois, il importe de ne pas prolonger ce lavage outre mesure : la durée n'en doit pas dépasser un quart d'heure, sous peine d'affaiblir l'image, qui s'altère aussi sous l'influence de l'humidité.

Les plaques traitées à l'urane ne doivent pas être lavées dans des cuves à rainures de zinc. La moindre trace d'un sel de ce métal décomposerait le ferrocyanure d'urane qui constitue l'image et provoquerait la formation de ferrocyanure de zinc. Cette réaction

est d'ailleurs mise à profit pour affaiblir les phototypes trop renforcés par le bain d'urane : on n'a qu'à les plonger dans une solution *très étendue* de chlorure de zinc. Une solution peu diluée agirait trop brutalement et attaquerait, en outre, la gélatine.

Les clichés renforcés à l'urane passent quelquefois au brun jaunâtre, lorsqu'on en a tiré un certain nombre d'épreuves; c'est là l'indice d'un lavage insuffisant. Il faut que l'élimination du renforçateur soit assez parfaite pour qu'une portion de la dernière eau de lavage, mêlée à une petite quantité de perchlorure de fer ou d'oxalate ferreux, ne donne plus de coloration bleue. Quand cette condition est réalisée, l'image est beaucoup plus stable que si elle avait été renforcée aux sels de mercure, pourvu qu'elle soit soustraite à l'influence de l'humidité par un vernis imperméable.

Renforçateur au ferricyanure de cuivre. — C'est encore un virage, qui agit d'une manière analogue au précédent, mais donne des images de couleur rougeâtre et parfaitement stables, même dans l'air humide. On fait d'abord dissoudre :

Eau distillée	100 cc.
Sulfate de cuivre	5 gr.

Cette solution est additionnée de carbonate d'ammoniaque jusqu'à ce que le précipité verdâtre qui se forme d'abord se redissolve. On ajoute ensuite :

Eau distillée	700 cc.
Ferricyanure de potassium	12 gr.

On ajoute, enfin, du carbonate d'ammoniaque, en quantité suffisante pour redissoudre le nouveau précipité qui vient de se former.

L'amateur aura tout avantage à se dispenser de procéder à cette préparation assez compliquée, quoique sans difficulté. Il évitera tout risque d'insuccès, et par suite toute dépense inutile, en employant les virages au cuivre, vendus sous forme de mélanges en poudre très solubles dans l'eau.

Le phototype est placé *sec* dans le bain de cuivre. Au bout de quelques instants, l'image prend une teinte brune, qui passe ensuite au rouge-cerise de plus en plus vif. Arrivé à l'intensité désirée, on élimine le renforçateur, à l'aide de lavages qui peuvent être prolongés sans inconvénient.

Renforçateurs à l'argent. — Le renforcement à l'argent est un procédé identique au *développement physique*, dont il ne diffère qu'en ce qu'il s'applique à une image déjà visible, quoique encore trop faible. Cette méthode a donné lieu à d'innombrables formules, d'ailleurs peu différentes les unes des autres. Nous ne donnons ici que celle de S.-B. Wellington, mais on pourra également utiliser celles qui sont indiquées à propos des révélateurs physiques (p. 151), ou du développement après fixage (p. 169), ou du renforcement des plaques autochromes (p. 374).

On prépare une solution de réserve ainsi constituée :

Eau distillée	1.000 cc.
Nitrate d'argent................................	20 gr.
Sulfocyanure d'ammonium....................	40 —

On fait d'abord dissoudre le nitrate d'argent dans 50 cc. d'eau, on y ajoute le sulfocyanure, et, après dissolution du précipité qui s'était d'abord formé, on ajoute le reste de l'eau. Il se produit alors un nouveau précipité, que l'on fait redissoudre en ajoutant au mélange une solution saturée d'hyposulfite, en quantité suffisante pour que le tout redevienne limpide.

Pour l'usage on prendra :

Solution de réserve	100 cc.
Acide pyrogallique..........................	0 gr. 5
Sulfite de soude	1 —
Ammoniaque..................................	15 gouttes
Bromure d'ammonium	5 gr.

Le cliché, sommairement lavé après le fixage, est laissé dans ce bain jusqu'à intensité suffisante. Généralement 10 minutes suffisent. Il faut balancer continuellement la cuvette et, si l'action du bain se ralentit, y ajouter un peu d'ammoniaque. Si la solution se trouble, il vaut mieux la jeter et en préparer une nouvelle. On terminera par un lavage à l'eau courante.

Renforcement par chloruration et second développement. — Cette méthode consiste à transformer l'argent qui constitue l'image en chlorure d'argent que l'on réduit ensuite dans un second développement. La couleur noir grisâtre du négatif primitif se trouve alors changée en une couleur brune, très inactinique, qui fournit

au tirage des photocopies très intenses. Pour chorurer l'argent, les moyens ne manquent pas. La formule suivante est due à M. Tape :

Eau	30 cc.
Bichromate de potasse	0 gr. 35
Chlorure de potassium	0 — 60
Acide chlorhydrique	4 gouttes.

Le cliché, préalablement mouillé, est blanchi dans ce bain chlorurant, puis lavé pendant une demi-heure environ et enfin soumis à l'action d'un révélateur au métol ou à l'hydroquinone, à l'adurol, à l'acide pyrogallique, etc., avec cette remarque que l'intensification obtenue varie avec chacun d'eux. En tout cas, ce nouveau développement doit être suffisamment prolongé pour que tout le chlorure soit réduit, sans quoi l'opération aboutirait, en fin de compte, non pas à un renforcement, mais bien à un affaiblissement.

Affaiblisseur au ferricyanure de potassium. — Ce réactif, désigné habituellement sous la dénomination de *réducteur de Farmer,* du nom de son inventeur, sert à éclaircir les phototypes trop opaques ou légèrement voilés dans les ombres. Sa formule ordinaire est :

Eau	1.000 cc.
Hyposulfite de soude	50 gr.
Ferricyanure de potassium (prussiate rouge)	5 —

Cette solution s'altère assez rapidement et ne doit être préparée qu'au moment de l'emploi. Le phototype s'y éclaircit, diminue de densité et finit même par s'effacer complètement ; il faut le retirer un peu avant d'avoir atteint le degré de réduction voulu, car la dissolution de l'argent se poursuit encore légèrement, pendant les premiers instants du lavage.

On reproche souvent à ce réactif de travailler irrégulièrement et de ronger les demi-teintes de l'image. Le Dr Sturenberg a montré que ces griefs ne sont pas fondés et que l'affaiblisseur de Farmer donne des résultats sûrs et constants, quand il est convenablement préparé et judicieusement employé.

Plus la dose d'hyposulfite est grande, plus la réduction est générale sur toute l'étendue de l'image ; plus on ajoute de ferricyanure, plus les demi-teintes sont rongées. En outre, si le mélange présente une réaction alcaline, son action est beaucoup plus modérée et

s'exerce uniformément sur toute la surface. Il en est de même, si l'on additionne la liqueur de 10 p. 100 d'acide acétique; seulement, le bain acide agit beaucoup plus lentement que le bain alcalin. M. Sturenberg fait usage, suivant le cas, d'un bain neutre ou d'un bain alcalin, qu'il combine à l'aide de trois solutions :

A.	Eau	100 cc.
	Hyposulfite de soude	5 gr.
B.	Eau	100 cc.
	Hyposulfite de soude	5 gr.
	Carbonate de soude	10 —
C.	Eau	100 cc.
	Ferricyanure de potassium	5 gr.

Pour affaiblir uniformément un cliché trop opaque, on prendra :

Solution B	100 cc.
Solution C	50 gr.

Si, au contraire, le cliché est gris ou voilé et qu'on désire en augmenter les contrastes ou simplement en éclaircir les transparences, il vaudra mieux employer :

Solution A	100 cc.
Solution C	10 ou davantage.

Affaiblisseur aux sels de cérium. — La solution :

Eau	100 cc.
Sulfate de peroxyde de cérium	10 gr.
Acide sulfurique	4 —

se conserve sans altération et peut servir jusqu'à épuisement. Elle agit très rapidement, mais avec régularité. Additionnée d'une plus grande quantité d'eau, elle travaille lentement, mais aboutit au même résultat. Elle a une tendance à augmenter les constrastes de l'image, comme le réducteur de Farmer, mais elle a sur ce dernier l'avantage de se conserver en solution toujours prête à l'emploi.

Affaiblisseur au persulfate d'ammoniaque. — Le persulfate d'ammoniaque possède la remarquable propriété d'attaquer les grandes opacités plus que les demi-teintes et d'adoucir ainsi les contrastes des négatifs trop durs. La formule normale est :

Eau	100 cc.
Persulfate d'ammoniaque	3 gr.

Il vaut mieux diminuer la concentration de ce bain que de l'augmenter. La réaction est, il est vrai, plus lente, mais une solution plus concentrée risquerait de désagréger la gélatine.

L'affaiblissement ne commence pas immédiatement après l'immersion du phototype, mais la marche en est ensuite très régulière. Quand le résultat désiré est atteint, il faut plonger la plaque dans une solution de sulfite de soude à 10 pour 100, afin d'arrêter net l'action du persulfate. Cette précaution n'est pas indispensable : on peut se contenter de laver à l'eau courante, en s'y prenant un peu à l'avance, l'affaiblissement se poursuivant jusqu'à l'élimination totale du persulfate. Cette dernière méthode fait même gagner du temps, mais conduit à des résultats moins parfaits et surtout moins exactement contrôlés que la première.

Le persulfate s'altère très rapidement en solution. Il ne faut donc le faire dissoudre qu'au dernier moment. En outre, il arrive parfois qu'une solution fraîchement préparée ne produit aucun effet; c'est que le persulfate n'affaiblit pas, lorsqu'il présente une réaction alcaline. Si donc la provenance de ce sel permet d'en suspecter la qualité, il sera prudent, en le dissolvant, de l'essayer au papier de tournesol bleu. La réaction n'est-elle pas nettement acide, on ajoutera quelques gouttes d'acide sulfurique, jusqu'à ce que le papier rougisse.

L'affaiblisseur au persulfate convient surtout aux clichés sous-exposés qui ont été trop développés, tandis que les affaiblisseurs précédents en détruiraient les demi-teintes et exagéreraient encore les oppositions d'une image déjà trop heurtée. Il faut remarquer cependant que le persulfate ne doit pas être appliqué aux clichés développés au paramidophénol : dans ce cas, en effet, les demi-teintes seraient encore plus rongées qu'avec les autres affaiblisseurs.

Affaiblisseur à la quinone. — MM. Lumière et Seyewetz ont reconnu que les quinones et leurs dérivés sulfoniques en solution aqueuse acidulée présentent des propriétés analogues au persulfate d'ammoniaque. « Pour expliquer, disent-ils[1], le phénomène

1. *Bulletin de la Société française de photographie,* 1910.

que la quinone agit de préférence sur les parties opaques de l'image et respecte les faibles impressions, c'est-à-dire paraît exercer son action depuis le fond de la couche jusqu'à la surface, on peut supposer que l'hydroquinone et le sel d'argent soluble qui prennent naissance dans la dissolution de l'argent jouent le rôle de renforçateur physique qui tend à déposer de l'argent à la surface de l'image et à paralyser ainsi la dissolution de l'argent à partir de la surface de l'image. »

La composition qui a donné les meilleurs résultats est :

Eau	1.000 cc.
Acide sulfurique	20 —
Benzoquinone	5 —

Cette solution est d'abord jaune clair, mais se colore à la longue en brun, même à l'abri de la lumière, et laisse déposer un précipité verdâtre. Elle n'agit pas immédiatement sur l'image et n'y exerce son action dissolvante qu'au bout de quelques minutes. Quand l'image est suffisamment affaiblie, on lave le phototype et on le plonge dans une solution de bisulfite de soude à 20 p. 100. Ce réactif est ensuite éliminé par un dernier lavage.

Affaiblisseur à l'acide chromique. — La formule la plus simple est :

Eau	1.000 cc.
Acide chromique cristallisé	1 gr.

Cependant, quelques gouttes d'acide sulfurique facilitent la dissolution de l'argent des clichés très intenses. Aussi préfère-t-on généralement préparer cet affaiblisseur en utilisant la réaction de l'acide sulfurique sur le bichromate de potasse :

Eau	1.000 cc.
Bichromate de potasse	1 gr.
Acide sulfurique	1 —

Ces proportions donnent déjà un mélange fort actif. Il vaudrait même mieux diluer davantage; en tout cas, c'est là un maximum de concentration à ne pas dépasser. Un bain trop énergique est difficile à surveiller, produit souvent des irrégularités et risque même de tout effacer avant que l'on ait eu le temps d'en retirer le cliché.

L'affaiblisseur à l'acide chromique se conserve indéfiniment intact; il est, par conséquent, toujours prêt à l'emploi. Il est si dilué, il nécessite une si faible quantité de substance active, que l'élimination en est facile et rapide, ce qui réduit le lavage au minimum.

Affaiblisseur à l'acide permanganique. — La solution doit être très étendue :

Eau	1.000 cc.
Permanganate de potasse	0 gr. 5
Acide sulfurique	1 cc.

Ce bain s'emploie de la même manière que l'acide chromique, mais n'en a pas la stabilité. Il a, de plus, l'inconvénient de produire dans la gélatine un dépôt de bioxyde de manganèse, qu'il faut éliminer dans :

Eau	1.000 cc.
Acide oxalique	10 gr.

Affaiblisseur à l'eau céleste. — On appelle *eau céleste* la solution ammoniacale de l'oxyde de cuivre. Pour la préparer, on fait dissoudre 1 gr. de sulfate de cuivre dans un litre d'eau, et l'on y ajoute de l'ammoniaque jusqu'à ce que le précipité qui se forme d'abord soit exactement redissous. On a alors une liqueur bleue, limpide. Pour l'employer à l'affaiblissement, on l'additionne d'une quantité égale d'hyposulfite de soude à 5 p. 100.

Cet affaiblisseur passe généralement pour adoucir les contrastes du phototype. Cependant cet adoucissement est très contestable; en tout cas, il est certainement moins marqué que celui qu'on obtient avec le persulfate, avec la quinone et surtout avec la méthode de chloruration et de second développement qui va être décrite.

Affaiblissement par second développement. — Les affaiblisseurs précédents ont un défaut commun. Leur action consiste simplement dans la dissolution progressive de l'argent qui constitue l'image. On conçoit, dès lors, que, si cette action n'est pas arrêtée à temps, l'image peut se trouver trop affaiblie, sans qu'il soit possible de faire renaître les demi-teintes complètement disparues. Il peut même arriver qu'une circonstance imprévue oblige le photo-

graphe à abandonner momentanément la surveillance de l'opération et que son absence se prolonge, tant et si bien qu'il ne retrouve plus, à son retour, qu'une plaque de verre ou une feuille de celluloïd uniquement revêtue de gélatine parfaitement transparente. On peut quelquefois y remédier à l'aide du renforçateur physique à l'argent, mais souvent le mal est sans remède, et le meilleur moyen d'éviter à coup sûr cet accident est de procéder de la façon suivante.

L'argent qui forme l'image est d'abord transformé en un sel insoluble dans l'eau : chlorure, bromure ou iodure d'argent, que l'on réduit ensuite partiellement, en pleine lumière, à l'aide d'un révélateur.

Pour chlorurer le phototype, on a conseillé l'emploi d'une solution de bichlorure de cuivre à 5 p. 100. Mais la réaction de cette substance sur l'argent donne lieu à la formation de protochlorure de cuivre, insoluble dans l'eau et difficile à éliminer complètement. Il vaut mieux se servir de perchlorure de fer à 3 p. 100, ou bien du mélange ci-après :

Eau	150 cc.
Bichromate de potasse	1 gr.
Acide chlorhydrique	3 cc.

En employant une solution de bromure de cuivre, l'argent de l'image serait transformé en bromure d'argent ; il le serait en iodure d'argent, si l'on s'était servi d'iode en dissolution avec un iodure alcalin, par exemple :

Eau	1.000 cc.
Iodure de potassium	10 gr.
Iode en paillettes	2 —

Dans l'un et l'autre cas, le principe de la méthode resterait identique, et la suite des opérations ne serait pas changée.

Quand l'image tout entière est devenue blanche, même à l'envers, on lave abondamment la plaque, puis on la traite par un révélateur dont on a soin d'arrêter l'action avant qu'elle se soit exercée dans toute l'épaisseur de la couche. On fixe alors, et l'hyposulfite enlève définitivement le chlorure, le bromure ou l'iodure resté inattaqué. Il est clair qu'en faisant usage d'un révélateur riche en alcali et travaillant surtout à la surface, comme le métol, on noircira rapide-

ment les demi-teintes, qui conserveront, dès lors, toute leur vigueur primitive, tandis que les fortes opacités n'auront pas eu le temps d'être développées dans toute leur profondeur. Le résultat final sera, par conséquent, un adoucissement encore plus parfait que celui qui serait résulté de l'emploi du persulfate ou de la quinone.

Ce second développement est certainement le plus précieux des correctifs dont nous disposions actuellement. L'opérateur a la faculté d'en varier à son gré les éléments constitutifs et la concentration, avec cet avantage sur le premier développement qu'il y procède au grand jour, sans courir le moindre risque de voile, et dans les meilleures conditions possible pour bien juger de l'intensité du phototype. D'ailleurs, si l'on se trompe dans l'appréciation de cette intensité ou dans le rendu des valeurs, il n'y a qu'à laver le cliché et à le blanchir de nouveau, pour recommencer le développement. On ne fixera que lorsqu'on aura obtenu le résultat voulu.

Vernissage. — Les clichés destinés au tirage d'un petit nombre d'épreuves sont rarement vernis. Cependant, la couche de gélatine se conservera mieux et plus longtemps, si elle est recouverte d'un enduit qui la préserve des frottements et de l'humidité. D'autre part, certains papiers positifs contiennent du nitrate d'argent susceptible d'occasionner des taches sur un phototype non verni, quand le tirage se prolonge par temps humide ou quand, l'image n'étant pas suffisamment venue à la fin de la journée, on laisse l'épreuve en contact avec le cliché pendant la nuit. Enfin, les clichés soumis à un fort tirage risquent d'être abîmés par les frottements réitérés qu'ils auront à subir : il sera donc nécessaire de les vernir.

Cette opération ne devra être effectuée qu'après complète dessiccation de la couche de gélatine. Parmi les nombreuses formules de vernis qui ont été proposées, nous conseillons les suivantes :

1.	Alcool méthylique	1.000 cc.
	Sandaraque	100 gr.
	Térébenthine de Venise	75 —

Ce vernis se prépare à froid, mais s'applique à chaud. Le cliché est préalablement chauffé et posé horizontalement; on y étend rapidement le vernis et on le redresse de manière à faire couler

l'excédent dans un flacon surmonté d'un entonnoir. Le cliché est ensuite chauffé de nouveau, avec précaution, pour ne pas enflammer l'enduit. La couche ainsi obtenue est très brillante.

2.	Alcool	100 cc.
	Benjoin	15 gr.

Ce vernis peut être appliqué à froid, mais la couche est alors moins brillante et moins résistante que si on l'applique à chaud. Par contre, elle offre l'avantage de rendre la retouche très facile, sans dépolissage préalable.

3.	Benzine cristallisable	1.000 cc.
	Gomme Dammar	10 gr.
4.	Tétrachlorure de carbone	100 cc.
	Gomme Dammar	5 gr.

Ces vernis s'emploient à froid. Le tétrachlorure de carbone a sur la benzine l'avantage de n'être pas inflammable.

5.	Acétone	50 cc.
	Acétate d'amyle	50 —
	Celluloïd	1 gr.

Pour la préparation de ce dernier enduit, connu sous le nom de *vernis cristal,* on peut utiliser des pellicules hors d'usage, dont la couche de gélatine aura été préalablement enlevée dans l'eau chaude. Le celluloïd se dissout à froid dans les liquides indiqués et s'étend de même. Il donne une couche très brillante et parfaitement transparente.

6.	Eau	1.000 cc.
	Borax	25 gr.
	Gomme laque blanche	100 —
	Carbonate de soude	6 —
	Glycérine	5 cc.

Le mélange est chauffé et maintenu en ébullition jusqu'à complète dissolution, en agitant continuellement. On filtre ensuite, on laisse reposer quelques jours et on décante. Ce vernis est appliqué à froid.

Retouche. — Les clichés à retoucher sont placés sur un pupitre spécial (fig. 89), essentiellement constitué par un verre dépoli incliné et éclairé au moyen d'un miroir. Une règle plate que l'on déplace

à volonté au-dessus de l'image sert d'appui-main. Une planchette intercepte les rayons passant par-dessus le pupitre; certains retoucheurs y ajoutent un voile noir dont ils s'enveloppent la tête, de manière à n'être pas gênés dans leur travail par toute autre lumière que celle qui est transmise par le cliché.



Cl. Demaria-Lapierre.
Fig. 89. — Pupitre à retouche.

La retouche est ordinairement exécutée à l'aide de crayons dont la pointe est rendue très effilée par frottement sur une lime fine ou sur un morceau de papier émeri. Le crayon ne prend en général pas suffisamment sur la couche de la gélatine ni sur les vernis très brillants. Dans ce cas, on applique sur la partie à retoucher, au moyen d'un pinceau ou d'un linge fin, une très petite quantité d'un enduit désigné sous le nom de *mattolin*. En voici deux formules, également recommandables :

1.	Essence de térébenthine........................	66 cc.
	Baume du Canada	3 —
2.	Essence de térébenthine........................	100 cc.
	Gomme Dammar..............................	5 gr.

L'enduit est ensuite tamponné avec un linge fin. Le crayon prend alors très facilement. La retouche s'effectue par petites hachures, si fines que la loupe est parfois nécessaire pour les distinguer.

Pour boucher les trous, ou pour couvrir les parties trop transparentes que le crayon ne parviendrait pas à intensifier suffisamment, on emploie l'encre de Chine ou la laque carminée appliquées au pinceau.

Les retouches s'effectuent parfois au dos de la plaque, par grandes masses, et l'on obtient ainsi des effets très doux. Dans ce cas, il faut d'abord étendre sur le verre un vernis mat, tel que celui-ci :

Ether sulfurique		250 cc.
Benzine cristallisable	125 à	150 —
Sandaraque		15 gr.
Mastic en larmes		15 —

La proportion de benzine est modifiée suivant le degré de dépoli que l'on veut obtenir : le grain est d'autant plus gros qu'il y a plus de benzine. Ce vernis mat s'emploie à froid et sèche rapidement. La retouche s'y exécute soit au crayon, soit à l'estompe.

Quand il s'agit de diminuer la transparence d'une assez grande partie de la plaque, par exemple le ciel d'un paysage, on la recouvre de ce vernis, au besoin coloré en rouge par un peu d'éosine, ou en jaune par de l'aurantia (environ 0,5 p. 100).

Quant aux parties très opaques qu'il est nécessaire d'éclaircir, on les frotte légèrement à l'aide d'un grattoir ou d'une aiguille, par petites hachures. Si l'on veut rendre plus transparentes des parties d'une certaine étendue, on peut les traiter, *avant le vernissage*, par l'un des *réducteurs mécaniques* suivants.

Le phototype étant bien sec, on le frotte du bout de l'index enveloppé d'un linge très fin préalablement imbibé d'alcool à 90°. Ces frictions ne déchirent pas la gélatine, pourvu que le linge reste constamment humecté. On diminue ainsi peu à peu l'épaisseur de la couche et son opacité. Dans le cas de halo, notamment, ce moyen est assez efficace pour faire disparaître l'auréole qui entoure le point lumineux.

Dans le même but, M. Bartlett mélange, par parties égales, de l'huile d'olive et de l'essence de térébenthine, auxquelles il ajoute une pincée de rouge anglais. Le cliché, après complète dessiccation, est frotté doucement avec une touffe d'ouate imbibée de cette mixture. Il faut avoir soin de dégraisser ensuite les opacités ainsi traitées à l'aide d'un peu de benzine. M. Parlow préconise l'emploi d'une pâte analogue, dans laquelle l'huile est remplacée par un soluté de savon à l'eau ou à l'alcool. La mixture savonneuse, additionnée de potée d'étain, de tripoli ou de toute autre poudre à polir, doit avoir la consistance d'une crème épaisse. Elle est étendue par frottement avec le doigt ou avec un tampon de coton. Un lavage copieux est ensuite indispensable pour enlever les moindres traces de savon.

Pelliculage. — Il est parfois nécessaire de séparer de son support la couche de gélatine dans laquelle est formé le phototype, et de la reporter sur un nouveau support, à moins qu'on ne préfère la conserver à l'état de simple pellicule. Cette séparation, désignée sous le nom de *pelliculage,* est pratiquée notamment dans les procédés d'impression photomécanique, où l'image doit être inversée de droite à gauche. On y a également recours quand le verre contient des bulles ou des stries qui seraient apparentes sur l'épreuve, ou quand il est brisé sans que la gélatine soit cependant endommagée.

Les manipulations à effectuer et les produits à employer diffèrent suivant que le phototype doit conserver exactement ses dimensions primitives ou qu'on préfère l'agrandir légèrement.

Dans le premier cas, le cliché à pelliculer est d'abord plongé dans :

Eau	100 cc.
Formol du commerce	20 —
Carbonate de soude	5 gr.

On le retire au bout de 15 à 20 minutes, et on le met à sécher après l'avoir épongé, mais non lavé, de manière que la gélatine reste imprégnée de carbonate. Une fois sèche, la couche est incisée au canif, à 2 ou 3 millimètres des bords de la plaque, que l'on immerge ensuite dans :

Eau	100 cc.
Acide chlorhydrique	10 —

La réaction de cet acide sur le carbonate de soude détermine un dégagement d'acide carbonique, qui soulève la pellicule et la détache du verre. On passe alors sous cette pellicule une plaque de verre préalablement frottée de talc en poudre et recouverte d'une couche de collodion, et on retire le tout de la cuvette, en évitant les bulles d'air. L'excès d'eau est chassé en passant sur la pellicule un rouleau en gélatine, et on laisse sécher. On recouvre enfin la pellicule d'une couche de collodion à 3 p. 100 additionné d'une faible quantité d'huile de ricin. Quand cette couche est sèche, la pellicule se détache facilement du verre et se trouve protégée sur ses deux faces par du collodion.

Si l'on ne tient pas à conserver à l'image ses dimensions primitives, si l'on désire l'amplifier, il n'y a qu'à supprimer le formol. La pellicule subit alors, en se détachant, une notable extension, d'ailleurs variable suivant la nature de la gélatine et la température des bains. Il va sans dire que, dans ce cas, le cliché devra être placé dans une cuvette assez grande et que la pellicule sera reçue sur une plaque d'un format suffisant, soit environ le double du format primitif.

Le pelliculage avec extension de la couche peut également s'obtenir à l'aide d'un seul bain. Une simple immersion dans une solution d'acide chlorhydrique à 10 p. 100 suffit généralement. Cependant le résultat est assez aléatoire. On réussira plus sûrement en plongeant le cliché dans une solution de fluorure d'ammonium à 10 p. 100. Quand la gélatine est détachée du verre, on vide la cuvette avec précaution, pour ne pas endommager la pellicule, qui est assez fragile, et on y verse de l'eau pure. On passe ensuite la nouvelle plaque de verre qui doit recevoir la pellicule. Si la couche doit rester sur cette plaque, il est nécessaire qu'elle soit parfaitement nettoyée; si, au contraire, elle doit être séparée, la plaque sera talquée et collodionnée, comme dans le cas du pelliculage sans extension. La pellicule amplifiée perd naturellement en épaisseur ce qu'elle gagne en surface : celle-ci se trouvant à peu près doublée, il en résulte que l'intensité de l'image est baissée de moitié. Il est donc nécessaire de pousser plus loin que d'ordinaire les clichés destinés à subir le pelliculage avec extension, ou de renforcer l'image, soit avant le report, soit après, mais, dans ce dernier cas, il ne faut pas collodionner.

Insuccès dans les procédés négatifs. — Les accidents susceptibles d'empêcher la réussite d'un cliché sont très nombreux, mais on peut cependant les ramener, en définitive, à quelques causes qu'il suffira d'indiquer brièvement, en y ajoutant le moyen d'y remédier, quand ce sera possible.

L'image est déformée. — La chambre noire n'a pas été placée horizontalement, ou bien l'objectif est mal corrigé de la distorsion.

L'image manque de netteté. — Ce défaut provient de l'une ou de plusieurs des causes suivantes : objectif mal construit ou mal fixé sur l'appareil, barillets mal centrés sur la monture, lentilles vis-

sées de biais, champ de netteté trop restreint, diaphragme trop grand, poussière ou buée sur les lentilles, mise au point imparfaite, défaut de coïncidence entre la plaque sensible et le verre dépoli (soit que le châssis soit mal construit, soit que le verre dépoli ait été placé à l'envers, c'est-à-dire le côté dépoli en dehors, soit que la plaque ait été mise en châssis verre en avant et gélatine en arrière), appareil ébranlé par le vent ou par un fonctionnement trop brusque de l'obturateur, vitesse insuffisante de l'obturateur.

Aucune image n'apparaît au développement. — L'obturateur fonctionne mal, ou bien un écran opaque (le voile noir ou le bras de l'opérateur) s'est interposé entre l'objectif et le sujet, au moment de la pose, ou, enfin, le révélateur a été mal préparé, soit qu'on ait oublié l'un de ses éléments constitutifs essentiels, soit qu'on ait fait usage de produits impurs ou altérés par un séjour trop prolongé dans des flacons mal bouchés. Vérifier le fonctionnement de l'obturateur et recommencer, s'il est possible, le développement avec un nouveau révélateur.

La gélatine se décolle. — Cet accident se produit soit quand la température des bains est trop élevée, soit quand le révélateur contient un excès de carbonate, soit quand le développement est trop prolongé, soit quand le fixateur est trop concentré. On l'évite en passant un corps gras sur la tranche de la plaque, avant de la mouiller, en durcissant la gélatine dans l'alun et en faisant usage de solutions et d'eaux de lavage dont la température ne dépasse guère 20°.

Voile général très intense. — Si la couche devient toute noire dans le révélateur, c'est que la plaque a vu le jour. Il faudra vérifier l'éclairage du laboratoire et examiner attentivement l'appareil pour voir si le soufflet n'est pas percé. Cet accident provient aussi d'une très forte surexposition : on peut alors y remédier, dans une certaine mesure, en affaiblissant le cliché dans le réducteur de Farmer.

Voile partiel. — Les traînées noires qui coupent l'image proviennent des rayons lumineux qui pénètrent par une fente du châssis ou de la chambre noire. Parfois aussi elles sont causées par le soleil, dont l'image est réfléchie par les lentilles. Les taches de

forme rectangulaire sont occasionnées par le contact de feuilles de papier blanc qui ont emmagasiné la lumière et impressionnent ensuite l'émulsion dans l'obscurité.

Voile dichroïque. — Le cliché est jaune quand on le regarde par réflexion du côté verre, et rose ou violacé quand on l'examine par transparence. Ce double aspect est dû, soit à l'introduction dans le révélateur de substances capables de dissoudre le bromure d'argent (hyposulfite de soude, sulfocyanure d'ammonium, ammoniaque en excès), soit à l'introduction dans le fixateur d'une petite quantité de révélateur. Cet accident risque donc de se produire si l'on manipule le cliché pendant le développement avec les doigts imprégnés d'hyposulfite ou si on plonge dans le fixateur un cliché mal lavé après le développement. Il est surtout fréquent dans le développement-fixage et dans le traitement des clichés sous-exposés, qui restent très longtemps dans le révélateur et ne se fixent ensuite que très lentement. On y remédie en plongeant le cliché dans une solution de permanganate de potasse à 1 p. 1.000. Quand la coloration jaune a complètement disparu, on passe la plaque dans un bain de bisulfite de soude commercial liquide étendu de son volume d'eau et on l'y laisse 5 minutes. On termine par un lavage.

Dépôt blanchâtre. — Les eaux trop calcaires occasionnent parfois un précipité qui reste adhérent à la couche, mais que l'on dissout facilement en passant le cliché dans une solution d'acide chlorhydrique à 5 p. 1.000.

Taches transparentes. — Les poussières déposées sur la plaque se traduisent au développement par autant de points blancs. Les espaces transparents assez larges sont dus à des bulles d'air formées à la surface de la gélatine au moment de son immersion dans le révélateur. Des inégalités d'intensité se produisent aussi quand la plaque n'est pas recouverte d'un seul coup par le bain de développement : on les évitera en employant une quantité de révélateur suffisante pour que la plaque soit rapidement mouillée sur toute son étendue.

Marbrures. — Ces inégalités se produisent quand la cuvette n'est pas agitée pendant le développement, ou quand le révélateur est modifié par addition d'une substance directement introduite dans

la cuvette. Le mélange devra toujours s'effectuer dans un récipient distinct et reversé ensuite dans la cuvette, après dissolution complète de ses éléments constitutifs.

Métallisations. — Des reflets métalliques se montrent sur les plaques développées à l'oxalate ferreux, quand on y ajoute un excès d'accélérateur à l'hyposulfite. On les rencontre aussi après un développement prolongé avec un révélateur épuisé, surtout avec l'hydroquinone.

Fixage trop lent. — La solution d'hyposulfite est trop peu concentrée ou est épuisée après avoir servi à plusieurs clichés. Le même inconvénient se manifeste aussi quand le phototype est exposé au grand jour avant d'être complètement fixé.

Teinte opaline partielle. — Le fixage est incomplet : il faut l'achever en employant, au besoin, une solution d'hyposulfite fraîchement préparée.

Le cliché, développé au pyrogallol, a une couleur brune trop intense. — Cette teinte ne nuit pas à la qualité des épreuves, mais elle en retarde le tirage. On y remédie en plongeant le négatif, fixé et lavé, dans un mélange de 3 parties d'acide chlorhydrique et de 100 parties d'une solution d'alun saturée à froid, ou bien dans un mélange de 5 à 10 parties d'acide citrique et de 100 parties de solution saturée d'alun.

Le cliché est faible, avec des contrastes bien équilibrés. — Le temps de pose a été exactement calculé, mais le développement n'a pas été suffisamment prolongé. Renforcer au ferricyanure d'urane ou de cuivre, ou bien à l'argent (renforçateur physique).

Le cliché est sans vigueur et voilé. — La pose a été trop longue et le développement arrêté trop tôt. Effacer le voile dans l'affaiblisseur de Farmer au ferricyanure de potassium et à l'hyposulfite, laver et renforcer au ~~bichlorure ou à~~ l'iodure de mercure.

Le cliché, quoique trop faible, est heurté. — Pose et développement insuffisants. Renforcer au ferricyanure d'urane.

Le cliché est harmonieux, bien détaillé, mais trop vigoureux. — Il a été correctement exposé, mais trop poussé au développement. Affaiblir à l'acide chromique.

Le cliché présente une intensité exagérée, avec des contrastes insuffisants. — Il donnerait une épreuve sans vigueur, quoique très

lente à s'impressionner au tirage, inconvénient qui résulte d'une pose et d'un développement trop prolongés. Affaiblir au ferricyanure de potassium et à l'hyposulfite de soude (liqueur de Farmer modifiée suivant les indications de M. Sturenberg, V. p. 183).

Le cliché est trop opaque, avec des contrastes excessifs. — La pose a été trop courte et le développement trop prolongé. Affaiblir au persulfate d'ammoniaque, à la quinone, ou par chloruration suivie d'un second développement très peu poussé. Si le cliché a été primitivement développé au paramidophénol, ne pas employer le persulfate.

Le cliché offre une densité convenable, mais manque de contrastes. — C'est là un indice de surexposition. Affaiblir légèrement à l'acide chromique, laver et renforcer à l'iodure mercurique.

Le cliché, suffisamment intense, est voilé. — Ce défaut est dû soit à une faible surexposition, soit à l'inactinisme imparfait du laboratoire. Affaiblir très légèrement dans le réducteur de Farmer.

Le cliché a une intensité normale, mais il est dur, heurté. — Ces contrastes trop accentués sont un indice de sous-exposition. Affaiblir légèrement au persulfate ou à la quinone, laver et renforcer à l'urane, ou bien chlorurer l'argent, puis développer à nouveau, mais en ayant soin d'arrêter l'action du révélateur avant que les grandes opacités soient complètement noircies. Fixer ensuite dans l'hyposulfite, afin de dissoudre le chlorure non décomposé, laver et renforcer, si on le juge nécessaire.

Les grandes lumières du sujet sont entourées d'un halo. — Cet accident ne se produira pas si l'on emploie des plaques anti-halo, ou des plaques ordinaires dont on a soin d'enduire le verre d'une couche opaque. Nous avons indiqué, p. 191, un moyen de faire disparaître l'auréole, lorsqu'on aura été obligé d'utiliser des plaques sans anti-halo.

Altération du cliché. — Le fixage a été incomplet, ou bien l'hyposulfite n'a pas été entièrement éliminé. La gélatine se détériore dans les locaux humides et se couvre de moisissures : on évitera cette cause d'altération en vernissant le phototype.

OUVRAGES A CONSULTER

A. Courrèges, *la Retouche du cliché*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.
E. Coustet, *les Correctifs du développement*, Paris (Gauthier-Villars), 1908.
Ganichot, *Retouche des épreuves négatives et positives*, 3e édition, Paris (Ch. Mendel).
Klary, *l'Art de retoucher les négatifs photographiques*, 4e tirage, Paris (Gauthier-Villars), 1902.
L. Mathet, *les Insuccès dans les divers procédés photographiques*, tome Ier, Paris (Ch. Mendel).
P. Piquepé, *Traité pratique de la retouche des clichés photographiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1906.
Wurtz, *la Retouche*, Paris (H. Desforges), 1905.

CHAPITRE IX

LES PROCÉDÉS AU COLLODION

Généralités. — Le collodion est un liquide sirupeux que l'on prépare en faisant dissoudre du coton-poudre ou de la cellulose tétranitrée dans un mélange d'éther et d'alcool. En photographie, ce liquide est ordinairement désigné sous les noms de *collodion simple* ou de *collodion normal*, pour le distinguer du collodion *ioduré* ou *bromuré* qui, mis en présence d'une solution de nitrate d'argent, fournit des couches sensibles à la lumière. Avant la découverte des émulsions au gélatinobromure, les procédés au collodion étaient les plus rapides. Aujourd'hui, ils sont entièrement abandonnés par les photographes portraitistes et par les amateurs, non seulement à cause de leur rapidité insuffisante, mais encore et surtout en raison des complications qu'entraîne la préparation des surfaces sensibles, que l'opérateur est obligé d'effectuer lui-même.

Cependant, les procédés au collodion sont encore utilisés dans l'industrie, notamment pour les impressions photomécaniques, grâce à l'extrême finesse des reproductions qu'ils permettent d'obtenir. Nous n'en ferons néanmoins qu'un exposé succinct, car les plaques au gélatinobromure à émulsion peu mûrie fournissent des images qui peuvent dès à présent presque rivaliser de finesse avec celles que donne le collodion. Il est donc à prévoir que l'industrie elle-même finira par abandonner des procédés qui ont rendu pendant de longues années d'incontestables services, mais qui semblent condamnés fatalement à disparaître tôt ou tard et se trouver supplantés par un procédé infiniment plus commode et dont les résultats ne le cèdent en rien à aucun de ceux que fournissaient les anciennes méthodes, pleines de difficultés pratiques.

Procédé au collodion humide. — Un grand nombre de formules

ont été proposées pour la préparation du collodion photographique. La plupart conduisent à de bons résultats, mais à la condition expresse que les produits employés soient d'excellente qualité et très exactement dosés.

La formule suivante est établie pour des reproductions de sujets à demi-teintes, tels que tableaux à l'huile, aquarelles, lavis, épreuves photographiques :

Ether sulfurique	600 cc.
Alcool à 90°	400 —
Iodure de potassium	2 gr.
— d'ammonium	4 —
— de cadmium	6 —
Bromure de cadmium	3 —
Coton-poudre	8 —

On fait d'abord dissoudre les iodures et le bromure dans une portion de l'alcool; le coton-poudre est mis dans le reste de l'alcool, et, quand il en est bien imbibé, on ajoute l'éther; on secoue jusqu'à parfaite dissolution, et l'on mélange les deux solutions.

Pour les reproductions de gravures et de dessins au trait, on préparera :

A.	Ether	700 cc.
	Alcool	490 —
	Pyroxyline	16 gr.
B.	Chlorure de calcium	1 gr. 60
	Iodure d'ammonium	4 gr. 70
	Iodure de cadmium	7 gr. 80
	Alcool à 96°	123 cc.

Après parfaite dissolution, les deux liquides seront mélangés.

Ces collodions iodurés seront conservés en flacons bien bouchés jusqu'au moment où l'on aura à les étendre sur les plaques de verre. Ils ne sont, en cet état, nullement sensibles à la lumière.

Les plaques de verre sur lesquelles doit être étendue la couche de collodion sont d'abord nettoyées avec le plus grand soin. On emploie de préférence des glaces bien polies, planes, exemptes de bulles et de rayures. On les dégraisse soit dans la potasse caustique, soit dans l'acide nitrique, puis, une fois sèches, on les conserve, à l'abri des poussières, dans des boîtes d'où on ne les sort qu'au moment de l'emploi.

L'étendage du collodion nécessite un tour de main que l'opérateur ne réussit parfaitement qu'après quelques essais. La glace est prise par un de ses angles entre le pouce et l'index gauches, tandis que les trois autres doigts, appliqués dessous, la maintiennent horizontalement. Le flacon de collodion est saisi dans la main droite ; on verse sur la plaque, non pas juste au milieu, mais entre le milieu et l'angle opposé à celui que l'on tient, la quantité jugée nécessaire pour couvrir toute la surface ; on incline la glace, et, par un mouvement circulaire lent, mais ininterrompu, on fait étendre le collodion, en évitant de le faire revenir sur lui-même, ce qui produirait des moutonnements. On relève ensuite lentement la glace et l'on fait écouler, par l'angle opposé à celui que l'on tient, l'excès de collodion dans un flacon spécial, surmonté d'un entonnoir garni d'un filtre en laine de verre. Les glaces de grandes dimensions ne sauraient être tenues de cette manière. On les pose sur un pivot spécial, qui peut être constitué par un ballon de caoutchouc, et on leur imprime tous les mouvements d'oscillation nécessaires à l'aide d'une poignée à ventouse appliquée près d'un des coins de la surface inférieure.

L'éther et l'alcool s'évaporant rapidement, le collodion ne tarde pas à faire prise. Aussitôt que sa consistance est jugée suffisante, on immerge la plaque dans le bain de sensibilisation :

Eau distillée	1.000 cc.
Nitrate d'argent fondu blanc..................	80 gr.
Iodure de potassium..........................	0 gr. 5
Acide nitrique pur............................	2 gouttes.

Cette opération s'accomplit dans le laboratoire éclairé par la lumière jaune. La couche collodionnée blanchit peu à peu. Quand elle a pris un aspect uniforme, d'un blanc opalin assez transparent, elle est prête à servir. Il faut alors l'égoutter rapidement, la mettre en châssis et l'exposer sans tarder dans la chambre noire, de telle sorte que le développement puisse être effectué avant que la couche ait eu le temps de se dessécher. Entre le moment où la plaque est retirée du bain d'argent et celui où elle est développée, il ne doit pas s'écouler plus de 5 minutes. Si l'on attend 10 minutes, le nitrate d'argent se concentre par l'évaporation et détermine des taches indélébiles.

Après l'exposition dans la chambre noire, la plaque ne montre aucune trace d'impression lumineuse. L'image latente est révélée en versant sur la couche posée horizontalement l'une des solutions suivantes :

1. *Révélateur pour négatifs à demi-teintes :*

Eau	1.000 cc.
Acide pyroligneux	100 gr.
Alcool à 36°	50 —
Sulfate double de fer et d'ammoniaque	50 —

2. *Révélateur pour reproduction de traits (négatifs très durs) :*

Eau	1.000 cc.
Protosulfate de fer	36 gr.
Sulfate de cuivre	12 —
Acide acétique à 85 p. 100	80 —
Alcool	40 —

Ces solutions, en contact avec l'excès de nitrate d'argent dont la couche sensible est restée imprégnée, constituent des *révélateurs physiques*. C'est pour éviter une dilution excessive du sel d'argent que la plaque est seulement recouverte d'une très faible quantité de liquide, au lieu d'être plongée dans une cuvette contenant une couche de 2 ou 3 centimètres d'épaisseur, comme on le fait pour le gélatinobromure. Aussitôt que les blancs du négatif tendent à se griser, la plaque est lavée pendant une minute sous un jet d'eau coulant doucement.

Le fixage est effectué en immergeant la plaque dans une solution de cyanure de potassium à 3 pour 100. La plaque est ensuite lavée pendant 2 ou 3 minutes et enfin mise à sécher.

Le négatif ainsi obtenu peut être modifié à l'aide de correctifs analogues à ceux que l'on applique au gélatinobromure. Ainsi, le renforcement est généralement effectué à l'aide d'une solution de nitrate d'argent additionnée d'une substance qui la décompose, comme l'acide pyrogallique ou le métol : l'argent précipité à l'état métallique se dépose sur les noirs de l'image proportionnellement à leur opacité. Quant à l'affaiblissement des négatifs trop intenses, on le réalise soit en dissolvant directement l'argent qui constitue l'image dans une solution acide de permanganate de

potasse, soit en le transformant en iodure que l'on dissout ensuite partiellement dans une solution de cyanure de potassium.

Procédés au collodion sec. — La nécessité de développer l'image latente moins de 10 minutes après la sensibilisation était autrefois un inconvénient prohibitif pour le photographe obligé de travailler en plein air : il lui fallait transporter sur place un véritable laboratoire, et chaque plaque qui n'était pas utilisée à l'instant voulu était une plaque perdue. Aussi une foule de chercheurs se sont-ils évertués à éviter cet inconvénient, soit en retardant la dessiccation des liquides dont la couche est imbibée, soit en préparant des couches susceptibles d'être séchées sans provoquer des taches. De là les procédés dits collodions *préservés* et collodions *secs*. Aujourd'hui, ces procédés n'offrent presque plus aucun intérêt, l'emploi du collodion demeurant limité à certaines industries, à des travaux de reproductions, où rien n'empêche de sensibiliser la plaque juste au moment de l'impressionner. Les collodions secs ont d'ailleurs l'inconvénient d'exiger une pose plus longue que le collodion humide. Ils sont cependant utilisés dans l'exécution des diapositifs à l'aide desquels sont préparées les planches d'héliogravure. Ces diapositifs étant impressionnés souvent par contact sous un négatif, et non pas dans la chambre noire, on conçoit qu'il est nécessaire que la couche soit sèche, le défaut de sensibilité n'ayant en ce cas aucun inconvénient et se trouvant d'ailleurs compensé par les conditions dans lesquelles s'effectue l'impression.

Le meilleur procédé de collodion sec est celui que le major Russel a fait connaître dès 1861 et qui est basé sur l'emploi du tanin.

La plaque collodionnée et sensibilisée dans le bain de nitrate d'argent est ensuite lavée pendant quelques minutes dans l'eau distillée, puis plongée dans :

Eau	1.000 cc.
Tanin	50 gr.
Alcool....................................	50 cc.

Le tanin doit d'abord être dissous dans l'eau et filtré. On y ajoute ensuite l'alcool, qui en empêche la décomposition et permet au liquide de pénétrer plus facilement la couche de collodion. Après 5 minutes d'immersion, la plaque est mise à sécher. Elle se

conserve alors plusieurs jours, et même pendant des mois entiers, à l'abri de la lumière et de l'humidité.

L'impression au châssis-presse, sous un cliché négatif, s'effectu comme nous l'expliquerons en traitant des diapositifs (chap. XIV). Sous un cliché de moyenne intensité, placé à 1 mètre d'une puissante lampe à arc, la durée de pose varie de 15 secondes à 1 minute environ. Si l'exposition s'effectue à la chambre noire, pour une reproduction amplifiée ou réduite, le temps de pose sera toujours très long. On en aura une idée en sachant que le collodion au tanin est de 3 à 8 fois moins sensible que le collodion humide, et que celui-ci à son tour exige une pose 200 fois plus longue que les plaques au gélatinobromure rapides.

Avant de développer la plaque impressionnée, il faut la laver abondamment, de manière à en éliminer le tanin. L'image est révélée soit par la méthode chimique, soit par la méthode physique. Le révélateur chimique est constitué par une solution d'acide pyrogallique à 4 p. 100, additionnée au besoin de quelques gouttes d'une solution à 2 p. 100 de carbonate de soude. L'image est très faible et doit être renforcée au moyen d'un mélange de pyrogallol, d'acide citrique et de nitrate d'argent, constitué en somme de la même manière que le révélateur physique, ordinairement préparé en mélangeant à volumes égaux :

A.	Eau distillée	1.000 cc.
	Acide citrique	5 gr.
	Acide pyrogallique	5 gr.
B.	Eau distillée	1.000 cc.
	Nitrate d'argent cristallisé	20 gr.

La plaque développée est lavée à grande eau, fixée dans une solution d'hyposulfite de soude à 10 p. 100 et lavée de nouveau.

Si l'image est encore trop faible, on renforcera par la méthode physique; si elle est trop opaque, on l'éclaircira dans l'affaiblisseur à l'acide permanganique.

Emulsion au collodion-bromure. — Sayce et Bolton préparaient pour la première fois, en 1865, une émulsion au bromure d'argent dans le collodion avant d'en enduire les glaces. Peu après, Chardon perfectionnait ce procédé, qui aurait supplanté tous les autres si, vers la même époque, le gélatinobromure n'était venu donner

une solution encore plus parfaite au point de vue de la rapidité. L'émulsion est préparée en faisant dissoudre 12 grammes de pyroxyle dans 500 cc. d'alcool et d'éther mélangés à parties égales. On y ajoute 12 grammes de bromure de zinc, puis, lentement et en agitant sans cesse, 21 grammes de nitrate d'argent préalablement dissous dans 30 cc. d'eau et 70 cc. d'alcool. Il se produit ainsi du bromure d'argent, qui donne au collodion l'aspect d'une crème. Cette émulsion, préparée à l'abri de la lumière blanche, est abandonnée pendant plusieurs jours, dans l'obscurité, et subit alors une modification moléculaire analogue à la maturation du gélatinobromure. Au bout de trois ou quatre jours, le collodion est devenu beaucoup plus sensible à la lumière. On y ajoute un peu d'eau régale, on agite bien et on lave le tout dans l'eau distillée. On recueille ensuite sur un filtre en mousseline le pyroxyle bromuré qui s'est séparé du collodion à l'état spongieux, on le lave à l'alcool et on le fait sécher.

Cette émulsion sèche se conserve pendant plusieurs semaines. Pour en enduire les plaques, on la fait dissoudre dans l'éther alcoolisé. Les plaques ainsi préparées se conservent parfaitement et fournissent des images d'une extrême finesse, mais elles sont 50 à 60 fois moins rapides que les plaques au gélatinobromure de sensibilité moyenne.

OUVRAGES A CONSULTER

F. Boivin, *Procédé au collodion sec*, 3e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1883.
H. Calmels, *les Procédés au collodion humide*, Paris (édition du journal *le Procédé*), 1905.
J.-M. Eder, *Das Bromsilber-Kollodion*, 2e édition, Halle a/S. (W. Knapp).
C. Fabre, *la Photographie sur plaque sèche. Emulsion au coton-poudre avec bain d'argent*, Paris (Gauthier-Villars), 1880.
J. Ferret, *la Photographie par le collodion*, Paris (Gauthier-Villars), 1880.
A.-F. von Hübl, *Die Kollodion-Emulsion und ihre Anwendung*, Halle a/S. (W. Knapp).
K.-O. Klein, *Collodionemulsion*, 2e édition, Londres (A.-W. Penrose et Co.), 1910.
A. Liébert, *la Photographie en Amérique*, 4e édition, Paris (B. Tignol), 1884.
D.-V. Monckhoven, *Traité général de photographie*, 7e édition, Paris (G. Masson), 1884.
C. Russel, *le Procédé au tanin*, 2e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1864.
Ch.-W. Gamble, *Wet Collodion Photography*, Londres (Dawbarn et Ward), 1895.
A. Payne, *The Wet Collodion Process*, Newcastle on Tyne (Mawson), 1907.

LIVRE III

PROCÉDÉS POSITIFS

CHAPITRE X

LES PHOTOCOPIES PAR NOIRCISSEMENT DIRECT

Procédés au chlorure d'argent. — La combinaison du chlore et de l'argent se décomposant facilement à la lumière, le moyen le plus simple d'obtenir une image positive est d'exposer au jour, sous un cliché négatif, un papier recouvert de chlorure d'argent : la couche, d'abord blanche, noircit progressivement, d'autant plus rapidement que la lumière est plus vive et le phototype plus transparent. Tantôt la substance sensible est directement incorporée au papier (c'est le procédé au *papier salé*), tantôt elle imprègne un enduit superficiel, tel que l'albumine, la gélatine ou le collodion. Si l'on se bornait à fixer dans l'hyposulfite de soude l'image ainsi réalisée par noircissement direct, on n'aurait que des tonalités rouges désagréables et d'ailleurs peu stables : on y remédie par le *virage*[1], qui consiste à substituer plus ou moins complètement à l'image primitive un précipité d'or. L'or pulvérulent étant pourpre, la nuance définitive sera intermédiaire, suivant la durée du virage, entre la couleur de l'or et celle de l'image primitive.

Les papiers sensibles aux sels d'argent étant livrés tout préparés, nous nous bornerons à indiquer très sommairement la manière dont ils sont sensibilisés. En revanche, nous insisterons sur

1. Imaginé par Blanquart-Evrard, en 1845.

les manipulations auxquelles il y a lieu de les soumettre, afin d'en tirer le meilleur parti.

Papier salé. — On emploie généralement le papier de Rives ou de Steinbach. Chaque feuille est d'abord mise à flotter, pendant 2 ou 3 minutes, sur :

Eau distillée	100 cc.
Chlorure de sodium	8 gr.

Le papier doit y être étendu de manière à ne se trouver mouillé que d'un seul côté. Pour cela, après avoir marqué d'une croix au crayon l'envers de la feuille, on la saisit des deux mains par ses extrémités et, la pliant légèrement, on la fait adhérer au liquide, d'abord par le milieu, puis on abaisse lentement les bords. Après quelques secondes de flottage, on soulève un des angles en s'aidant d'une lame de verre, afin de chasser les bulles d'air interposées. On abaisse alors cet angle, pour procéder de même avec l'extrémité opposée. Au bout de 2 ou 3 minutes, on soulève de nouveau l'un des angles au moyen de la lame de verre, et l'on fait sécher la feuille, en la suspendant par des pinces en bois attachées à une corde.

Pour sensibiliser le papier salé, on le fait flotter, pendant 3 minutes, sur :

Eau distillée	660 cc.
Azotate d'argent	60 gr.
Carbonate de soude	4 —
Acide citrique	10 —

L'azotate d'argent en contact avec le chlorure de sodium détermine la formation du chlorure d'argent. Le papier se trouve en outre imbibé d'un excès d'azotate d'argent, qui rend le papier plus sensible. On fait sécher dans l'obscurité.

Le papier salé donne, bien entendu, des images mates. Elles sont un peu ternes, étant formées dans l'épaisseur même de la pâte. On obtient de plus beaux effets avec les papiers gélatinés ou collodionnés à surface mate. Les images brillantes sont obtenues sur des papiers recouverts d'albumine ou de gélatine.

Papier albuminé. — Pour procéder à l'albuminage, on fait flot-

ter un papier de bonne qualité, du papier de Rives particulièrement, sur :

Blancs d'œufs battus et filtrés..................	100 gr.
Chlorure de sodium..........................	6 —

Le flottage régulier et sans bulles d'air exige les mêmes précautions que pour le papier salé. Au bout de 5 minutes, la feuille est retirée et mise à sécher. Le bain de sensibilisation est le même que celui du papier salé. Bien entendu, c'est le côté albuminé qui doit se trouver en contact avec le liquide. Le nitrate d'argent coagule aussitôt l'albumine et la rend insoluble dans les bains auxquels le papier sera soumis après le tirage. Cette albumine contient en suspension le chlorure d'argent résultant de la réaction du nitrate d'argent sur le chlorure de sodium ; elle contient, de plus, un excès de nitrate d'argent, qui rend la couche plus sensible et permet de développer l'image après un tirage partiel, mais nuit beaucoup à sa conservation.

On augmente notablement la sensibilité du papier albuminé, en le soumettant, pendant 10 minutes, à des *fumigations ammoniacales*. Les feuilles sont suspendues à l'intérieur d'une boîte au fond de laquelle est placée une cuvette contenant du carbonate d'ammoniaque. Ce sel s'effleurit, en se transformant en sesquicarbonate, et dégage des vapeurs ammoniacales sèches.

Une fois sensibilisé, le papier albuminé ne se conserve bien que dans un endroit très sec. Le mieux est de le tenir dans un étui en zinc contenant du chlorure de calcium.

Papier au gélatinochlorure. — Ce papier, plus connu sous les noms de papier au *citrate* ou de papier *aristotype,* est de beaucoup le plus répandu, malgré l'imperfection des images qu'il fournit, parce que la manipulation en est extrêmement simple, à la portée même d'un enfant, et aussi parce que c'est le moins coûteux.

Ce papier est recouvert d'une émulsion de chlorure d'argent incorporée dans de la gélatine, avec un léger excès de nitrate d'argent. Il contient aussi de l'acide citrique (d'où le nom de papier au citrate), dont le rôle est de conserver le chlorure plus longtemps inaltéré et de modifier la teinte de l'image. La surface en est brillante, lisse ou mate, suivant l'effet à réaliser.

L'idée de cette préparation, due à Humbert de Molard, remonte à 1848, mais ce procédé ne s'est vulgarisé que beaucoup plus tard. Le mode de fabrication actuel varie naturellement d'une usine à l'autre. Les formules suivantes sont celles qu'a indiquées Eder :

A.	Nitrate d'argent	32 gr.
	Acide citrique	8 —
	Eau chaude	160 cc.
B.	Gélatine	96 gr.
	Chlorure d'ammonium	2 gr. 8
	Eau	700 cc.
C.	Acide tartrique	2 gr. 8
	Bicarbonate de soude	1 gr. 4
	Alun	1 gr. 8
	Eau	700 cc.

On fait gonfler à froid, puis fondre à chaud la gélatine dans la quantité d'eau indiquée en B, puis on y ajoute le chlorure d'ammonium. L'acide tartrique est dissous dans l'eau (C), puis on y ajoute le bicarbonate et enfin l'alun. Les solutions B et C sont mélangées à une température d'environ 50°, et la solution A est ajoutée, à la lumière jaune, en maintenant la température et en agitant continuellement le mélange. L'émulsion, maintenue pendant quelque temps entre 40° et 50°, est ensuite filtrée à la laine de verre, et enfin coulée sur le papier[1].

Papier au collodiochlorure. — Le papier au collodiochlorure, ou à la *celloïdine,* est un papier recouvert d'une couche de nitrocellulose à laquelle est incorporé du chlorure d'argent, avec un léger excès de nitrate. La surface sensible en est brillante ou mate, suivant le mode de fabrication. Il est plus cher que les papiers au citrate, mais fournit des images bien supérieures, au point de vue artistique. Le papier mat, notamment, est d'un très bel effet, surtout quand il a été viré au platine. On peut cependant le traiter de la même manière que les papiers au citrate, mais des formules spéciales lui ont été appliquées, et nous les indiquerons, en traitant du virage.

Les formules de préparation du papier à la nitrocellulose sont très nombreuses. Celle qui suit est due à Valenta.

1. Eder, *Ausführliches Handbuch der Photographie,* IV, I, 1898, p. 165.

A.	Chlorure de strontium	10 gr.
	Chlorure de lithium	5 —
	Eau	30 cc.
	Alcool	55 —
B.	Nitrate d'argent cristallisé	22 gr.
	Eau	30 cc.
	Alcool	60 —
C.	Acide citrique	5 gr.
	Alcool	40 cc.
	Glycérine	6 —

A 350 cc. de collodion normal à 3 p. 100 on ajoute, peu à peu, 15 cc. de la solution A. On y ajoute ensuite, en lumière inactinique, 60 cc. de B, puis 50 cc. de C et enfin 50 cc. d'éther. Après un repos de 24 heures, on coule sur papier.

Emploi des papiers au chlorure. — Les papiers au chlorure d'argent ne se conservent pas très longtemps. Même renfermés dans des enveloppes en papier paraffiné, ils s'altèrent au bout de quelques mois, parfois même après quelques semaines. Cette altération est due au nitrate d'argent, qui occasionne peu à peu le jaunissement de la couche et des réductions du composé sensible. Le mieux est donc de faire usage uniquement de papiers récemment préparés. La présence du nitrate d'argent provoque également des taches sous l'influence de l'humidité : il faut donc éviter d'appliquer le papier sensible contre un cliché qui ne serait pas parfaitement sec, car ce cliché se trouverait ensuite couvert de taches indélébiles. Il en serait de même si le papier restait trop longtemps en contact avec un cliché non verni, par un temps humide ou pendant toute une nuit.

Cependant MM. Lumière ont réussi à préparer un papier à noircissement direct ne contenant point de sels d'argent solubles. Ce papier, désigné sous le nom d'*Actinos,* se conserve indéfiniment et ne risque pas de tacher les clichés.

Tous les papiers à noircissement direct peuvent être manipulés soit à la clarté d'une lampe, soit même à la lumière du jour, mais dans un recoin peu éclairé. Il n'est donc pas nécessaire de s'enfermer dans le laboratoire pour ouvrir les pochettes contenant le papier, pour le mettre en contact avec le phototype et pour surveiller l'apparition de l'image.

Toutefois, il n'en sera pas de même lorsqu'on se proposera de

ne pas pousser jusqu'au bout le tirage par noircissement direct et d'achever l'image par développement, comme nous l'expliquerons dans le chapitre suivant. Dans ce cas, il ne faudra manipuler le papier qu'en lumière inactinique, comme s'il était très sensible. Sans cette précaution, l'exposition du papier au jour déterminerait une impression d'abord invisible, mais qui se traduirait, au développement, par des taches ou par un voile uniforme. Il est essentiel de ne jamais toucher un papier sensible avec les doigts imprégnés d'hyposulfite; on évitera d'ailleurs de saisir les épreuves autrement que par leurs bords extrêmes, le contact des doigts déterminant presque toujours des taches.

Tirage. — La surface sensible du papier est appliquée contre le côté gélatiné ou collodionné du phototype, et les deux surfaces en contact sont maintenues serrées l'une contre l'autre au moyen d'un

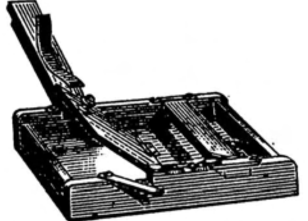


Fig. 90. — Châssis-presse à glace.

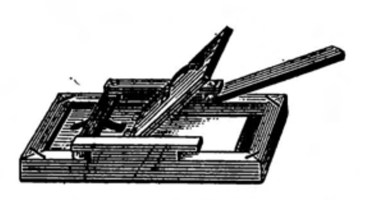


Fig. 91. — Châssis-presse sans glace.

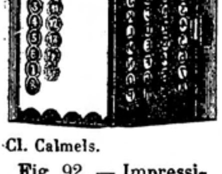
châssis-presse (fig. 90 et 91). On place dans le cadre de ce châssis d'abord le cliché et le papier, puis un *blanchet* ou coussin constitué par quelques feuilles de papier buvard ou par une pièce de feutre, et enfin une planchette brisée à charnières maintenue serrée contre le cadre par deux barres transversales portant sur des lames élastiques. Le tout est exposé au jour, et la lumière, passant à travers les parties transparentes du négatif, noircit progressivement le papier, qui reste blanc sous les parties opaques du phototype. C'est afin de permettre de surveiller l'impression que la planchette est formée de deux panneaux réunis par des charnières. Quand on veut examiner l'image, on porte le châssis dans un endroit modérément éclairé, on écarte une des barres et l'on soulève la moitié de la planchette, comme le montre la fig. 91. On peut ainsi regarder

une partie de l'image et juger s'il y a lieu d'arrêter le tirage ou de le continuer. Dans ce dernier cas, on n'a qu'à remettre en place la planchette et la barre qui la maintient appliquée sur l'épreuve. Comme l'autre moitié de la planchette n'a pas cessé de maintenir le papier sensible serré contre le cliché, le côté qui a été soulevé reviendra se placer exactement dans la position qu'il occupait primitivement, et la netteté de l'image ne sera en rien altérée.

Le châssis représenté fig. 90 est muni d'une glace épaisse sur laquelle peuvent être placés des clichés de formats différents. Le dessin suivant reproduit un modèle sans glace; il est plus léger et moins coûteux, mais ne peut recevoir que les clichés dont le format est exactement celui du cadre.

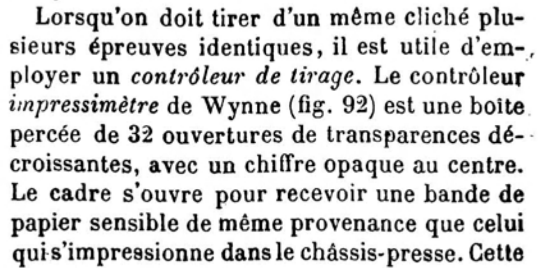
Le tirage s'effectue soit au soleil, soit à l'ombre; il est naturellement beaucoup plus rapide dans le premier cas. Généralement, on expose au soleil les clichés très intenses, à contrastes vigoureux. La lumière diffuse est préférable pour les phototypes faibles, très transparents ou à oppositions insuffisantes. Ces mêmes clichés sont parfois exposés au soleil, mais sous un verre dépoli ou sous un papier dioptrique.

Il est nécessaire de prolonger le tirage un peu au delà de l'intensité que devra présenter l'image, une fois achevée, car elle baisse toujours au fixage. Cependant, certains papiers baissent moins que d'autres, et l'intensité à laquelle il convient d'arrêter l'impression



Cl. Calmels.

Fig. 92. — Impressimètre.



sera déterminée une fois pour toutes par un tirage d'essai.

Lorsqu'on doit tirer d'un même cliché plusieurs épreuves identiques, il est utile d'employer un *contrôleur de tirage*. Le contrôleur *impressimètre* de Wynne (fig. 92) est une boîte percée de 32 ouvertures de transparences décroissantes, avec un chiffre opaque au centre. Le cadre s'ouvre pour recevoir une bande de papier sensible de même provenance que celui qui s'impressionne dans le châssis-presse. Cette bande se place sous l'échelle transparente. Le tirage de la première épreuve s'effectue comme à l'ordinaire, en ouvrant de temps à autre le châssis-presse pour surveiller la venue de l'image. Quand elle est

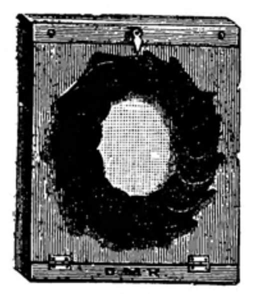
à point, on regarde le contrôleur : le dernier numéro visible au moment où le tirage est fini est celui qui servira de contrôle aux tirages suivants. Dès lors, pour avoir une série d'épreuves de même intensité, à l'aide du même cliché, il ne sera plus nécessaire d'ouvrir le châssis-presse. Il suffira de regarder le contrôleur et d'arrêter le tirage, quand la nouvelle bande de papier sensible présentera le même aspect que la première.

Marges et vignettes. — Pour réserver des marges autour de l'épreuve ou n'imprimer qu'une partie d'un cliché, on se sert de *caches*. On désigne sous ce terme des feuilles de papier noir dans lesquelles ont été découpées des ouvertures correspondant aux limites de l'image à imprimer. Ces ouvertures sont de forme quelconque, ovales, rondes, carrées, etc. Si la délimitation doit être nette, on place le papier noir évidé entre le cliché et la surface sensible; si l'on préfère adoucir un peu la ligne de séparation, on le place en avant du cliché, que l'on expose alors en lumière diffuse (ou au soleil, sous un écran dioptrique). Enfin, si l'on veut réaliser un effet de *fondu*, où la délimitation ne s'opère que par gradations insensibles, on dispose sur le châssis-presse un *dégradateur*.

Les dégradateurs sont des caches dont les ouvertures sont cernées de papiers dioptriques superposés ou de dentelures en carton légèrement recourbées. Comme ces dentelures sont assez écartées du cliché exposé en lumière diffuse, elles ne projettent pas une ombre nette sur l'épreuve, mais ne font qu'en ralentir l'impression du centre vers les bords. C'est ainsi que sont exécutés les portraits *vignettes*. Le modèle a posé devant un fond clair. Au tirage, on place sur le cliché un dégradateur dont l'ouverture, en forme de poire, limite l'impression autour de la tête et du buste, non pas brusquement, mais par gradations rappelant le travail de l'estompe. Les dégradateurs à dentelures sont parfois remplacés par des glaces colorées en jaune ou en rouge, excepté au centre, qui est incolore. La teinte va d'ailleurs de la transparence à l'opacité sans brusque démarcation, de sorte que le tirage peut être effectué en plein soleil.

L'ouverture des dégradateurs précédents a une forme invariable. Chacun d'eux ne peut donc s'appliquer qu'à un nombre de cas très

restreint. Le dégradateur *iris* (fig. 93) permet d'obtenir à volonté toutes les formes d'ouvertures. C'est un cadre dans lequel sont disposées des lamelles mobiles pivotant les unes sur les autres et qu'il est facile de combiner de manière à laisser un évidement de la forme voulue. Un verre dépoli s'y adapte et permet de réaliser un dégradé aussi régulier, aussi délicatement fondu que les dégradateurs ordinaires.



Cl. Demaria-Lapierre.
Fig. 93. — Dégradateur iris.

Les marges laissées blanches par les caches et les dégradateurs produisent quelquefois un effet trop cru. Il est bon, dans ce cas, de les teinter légèrement, en exposant pendant un instant au jour l'épreuve dont on a eu soin de protéger la partie impressionnée à l'aide d'un contre-cache ou d'un contre-dégradateur, c'est-à-dire d'un papier noir ou d'un écran à bords nuancés ou dentelés constituant la contre-partie de l'écran primitif.

Virage. — Les papiers impressionnés seront, autant que possible, virés le jour même. Si l'on est obligé d'attendre jusqu'au lendemain, il sera nécessaire de les enfermer dans une enveloppe paraffinée ; si le virage est différé davantage, il faudra les placer dans un tube desséché par le chlorure de calcium. L'opération du virage sera effectuée, de préférence, à la lumière du jour faible, qui permettra, mieux qu'un éclairage artificiel, de juger des changements de couleur que subit l'image dans le bain de dorure.

Le sel employé pour le virage est le chlorure d'or, mais il est indispensable d'en neutraliser l'acidité en y ajoutant diverses substances, sans lesquelles l'image serait rongée et perdrait ses plus délicates demi-teintes. Un grand nombre de formules ont été proposées, soit pour effectuer le virage et le fixage séparément, soit pour combiner ensemble ces deux opérations. Les papiers salés, albuminés et collodionnés sont généralement traités par virage séparé du fixage. Le papier albuminé, surtout, ne donne de belles épreuves que par un virage distinct du fixage.

Le bain de virage le plus ancien et aussi le plus stable, quand il est préparé avec soin, est le virage à la craie :

Eau	1.000 cc.
Chlorure d'or	1 gr.
Craie lévigée	5 —

On agite vivement, on laisse reposer, en pleine lumière, au moins pendant 24 heures, puis on décante. L'exposition à la lumière doit être prolongée jusqu'à décoloration complète de la solution, qui est d'abord jaune. Quand cette teinte a disparu et que le liquide est bien limpide, il est devenu neutre et ne ronge plus les épreuves. Il se conserve très longtemps en bon état et donne des tons d'un beau noir violacé.

Si l'on préfère une autre nuance, on emploiera l'une des formules suivantes :

	I	II	III	IV	V	VI
A. Chlorure d'or	1	1	1	1	1	1
Eau	150	500	250	1000	1000	1000
B. Eau	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Benzoate de soude	45					
Potasse caustique	0,5					
Phosphate de soude		32				
Bicarbonate de soude		8				
Borax			14	25	25	
Tungstate de soude			28			
Acétate de soude[1]					15	20
Proportions A	1	1	20	1	1	1
— B	1	1	3	1	1	1
Couleur de virage	Noir.	Violet rouge.	Violet noir.	Sépia.	Violet rose.	Chocolat.
Auteur	Archer.	Phot. franç.	Anthony.	Bain.	Wilson.	Monckhoven.

Les formules précédentes sont établies pour le papier albuminé. Elles peuvent être appliquées au papier salé; mais comme le virage en est plus rapide, il est préférable de diluer davantage les solutions, en doublant les quantités d'eau indiquées. La formule suivante s'applique aux papiers au collodio-chlorure :

A.	Eau	1.000 cc.
	Acétate de soude fondu	20 gr.
B.	Eau	500 cc.
	Sulfocyanure d'ammonium	5 gr.
C.	Eau	100 cc.
	Chlorure d'or	1 gr.

1. L'acétate de soude fondu donne des tons plus bleus que l'acétate cristallisé, généralement préféré.

Pour l'usage, on prend 170 cc. de la solution A, 40 cc. de la solution B, et 10 cc. de la solution C. Ce mélange ne se conserve pas longtemps.

Les papiers au citrate sont généralement traités par virage-fixage. Néanmoins, on peut aussi les soumettre au virage distinct du fixage, à l'aide des solutions :

A.	Eau	125 cc.
	Phosphate de soude	6 gr.
B.	Eau	100 cc.
	Chlorure d'or	1 gr.

Pour l'usage, on verse, dans la solution A, 30 cc. de la solution B. Ce virage donne des tons qui passent du noir velouté au gris-de-fer.

On peut, enfin, employer le virage à la thiocarbamide ou sulfo-urée, indiqué par Kessler. A 25 cc. d'une solution de chlorure d'or à 1 p. 100, on ajoute la quantité nécessaire d'une solution à 2 p. 100 de thiocarbamide pour que le précipité qui s'était d'abord formé se redissolve, soit environ 15 cc. On y ajoute ensuite :

Acide citrique	0 gr. 5
Chlorure de sodium	10 —

et de l'eau en quantité suffisante pour faire un litre.

Ce bain se conserve bien et sert jusqu'à épuisement total de l'or. Le virage s'effectue très rapidement.

Tous ces bains doivent être décolorés avant d'être employés. Au moment de procéder au virage, la solution sera versée dans une cuvette en porcelaine ou en verre réservée exclusivement à cet usage.

Les épreuves sont d'abord lavées dans deux ou trois eaux, de manière à éliminer la plus grande partie des sels solubles, puis on les immerge une à une dans la cuvette à virage, que l'on agite continuellement. On vire généralement plusieurs épreuves à la fois, mais il faut cependant éviter d'en mettre un trop grand nombre dans une petite cuvette et les tenir constamment en mouvement, en évitant qu'elles adhèrent les unes contre les autres. Si on remarque des bulles d'air, il faut les chasser aussitôt à l'aide d'une tige de verre, ou sortir les épreuves que l'on replonge ensuite.

Cette manœuvre suffit presque toujours pour crever les bulles. On retourne de temps à autre les épreuves, toujours une à une, l'image tantôt en dessus et tantôt en dessous. Sans ces précautions, le virage s'effectuerait d'une manière irrégulière, et les épreuves présenteraient des inégalités de tons. Il importe, en outre, d'éviter absolument de toucher le bain de virage ou les épreuves à virer avec les doigts imprégnés d'hyposulfite. L'opérateur qui n'est pas aidé par un ouvrier chargé du fixage manipulera avec la main droite les épreuves immergées dans les eaux de dégorgement ou dans le bain de virage, et ne touchera qu'avec la main gauche celles qui sont plongées dans le fixateur. Si l'on n'observe pas rigoureusement ces prescriptions, on aura sûrement des épreuves tachées.

La nuance de l'image change peu à peu, sous l'action du virage : elle est d'abord rouge-brique, puis rouge violacé, pourpre et noir froid. Ce changement, variable suivant la composition du virage, est plus ou moins rapide, suivant que le bain est neuf ou a déjà servi à virer plusieurs épreuves. L'action en est accélérée par la chaleur, et certains bains qui paraissent épuisés, en hiver, virent encore très bien quand on les fait tiédir.

Aussitôt que le ton voulu est atteint, et même un peu avant, car le virage va continuer encore quelques instants, on sort l'épreuve et on la plonge dans l'eau. On la retire aussitôt, sinon elle continue de virer, et on l'immerge dans le fixateur.

Fixage. — Les épreuves virées sont immergées une à une dans :

Eau	1.000 cc.
Hyposulfite de soude........................	150 gr.

On y ajoutera 3 gr. d'alun, s'il s'agit de papiers gélatinés. Le bain de fixage doit être fréquemment renouvelé.

A mesure que le sel d'argent non impressionné se dissout, l'image prend un ton plus rouge ; elle semble même revenir au ton qu'elle avait avant le virage, mais cette teinte disparaîtra au séchage.

Au bout de 10 minutes, les épreuves sont fixées. On les met alors dans une grande cuvette, où elles sont soumises à un lavage très abondant et très soigné, sur lequel nous reviendrons plus loin.

Virage-fixage. — Les papiers au citrate sont généralement virés et fixés simultanément. Les bains de virage et fixage combinés

ont, sur les bains séparés, l'avantage de donner plus facilement des images fraîches et brillantes, avec des demi-teintes très fines et des noirs profonds, quoique bien détaillés. On leur a reproché de fournir des épreuves moins stables que les bains séparés. En réalité, si l'on fait usage de solutions préparées avec soin et non épuisées; si, surtout, les lavages sont bien exécutés, les épreuves virées et fixées en un seul bain se conservent aussi longtemps que celles qui ont été virées et fixées séparément. D'autre part, si les bains ou les lavages laissent à désirer, chacun des deux procédés aboutit à des épreuves qui s'altèrent, jaunissent et s'effacent en peu de temps.

Les pochettes dans lesquelles sont vendus les papiers au citrate contiennent ordinairement une instruction relative à leur mode d'emploi. On se conformera à ces indications, surtout en ce qui concerne la composition des bains, que le fabricant n'a déterminée qu'à la suite de nombreux essais. Telle formule, excellente pour un papier, ne vaudrait rien si on l'appliquait à un papier de provenance différente. A titre d'exemples, nous indiquerons la formule de MM. Lumière et celle de la compagnie Eastman Kodak. Ces formules conduisent à d'excellents résultats quand elles sont appliquées aux papiers pour lesquels elles ont été combinées, mais elles ne conviendraient pas également à d'autres.

Le virage-fixage Lumière a pour formule :

A.	Eau bouillante	1.000 cc.
	Hyposulfite de soude	250 gr.
	Alun ordinaire	15 —
	Acétate de plomb	2 —
B.	Eau	100 cc.
	Chlorure d'or	1 gr.

La solution A est préparée en faisant dissoudre l'hyposulfite et l'alun dans l'eau bouillante. On filtre ensuite, et l'on n'ajoute qu'après refroidissement l'acétate de plomb, préalablement dissous dans un peu d'eau distillée.

Le bain normal est préparé, 24 heures avant de s'en servir, en ajoutant 6 cc. de la solution B à 100 cc. de la solution A. Pour obtenir plus de limpidité, il est utile d'y ajouter un peu de kaolin et de filtrer. La température du bain, pendant le virage-fixage, doit être comprise, autant que possible, entre 18° et 20°.

Les épreuves, préalablement dégorgées dans l'eau, sont immergées une à une dans la cuvette (en verre ou en porcelaine) contenant le bain de virage-fixage et maintenues constamment en mouvement. Dès qu'elles y sont plongées, les images s'affaiblissent et prennent une couleur rouge-brique, qui ne tarde pas à se modifier sous l'action du sel d'or. Dès que les demi-teintes ont atteint le ton voulu, soit au bout de 10 minutes environ, les épreuves sont retirées du bain et lavées à grande eau. Si on les laissait davantage dans la cuvette de virage, les demi-teintes seraient rongées.

On obtient de beaux tons violacés en faisant précéder le virage-fixage d'un virage or-borax :

Eau	1.000 cc.
Borax	10 gr.
Solution de chlorure d'or à 1 p. 100	25 cc.

La solution de chlorure d'or n'est ajoutée à la solution de borax qu'au moment de procéder au virage; il est bon, toutefois, d'attendre un quart d'heure avant d'employer le mélange.

Le virage-fixage Kodak est préparé en mélangeant :

A.	Eau	1.000 cc.
	Hyposulfite de soude	200 gr.
	Sulfocyanure d'ammonium	4 —
B.	Eau	500 cc.
	Acétate de plomb	10 gr.
	Chlorure d'or	1 —

Chacune de ces deux solutions doit être préparée au mois 24 heures avant d'être employée. Elles se conservent d'ailleurs très bien, à l'abri de la lumière. Les deux solutions seront mélangées une demi-heure avant l'emploi. On prendra 1.000 cc. de A et seulement 100 cc. de B. Cette quantité est exactement suffisante pour virer et fixer en 8 ou 10 minutes une pochette de papier *Solio* au ton brun-pourpre.

Pendant l'été, les épreuves, rapidement dégorgées dans de l'eau fraîche, seront laissées, pendant 5 minutes, dans :

Eau	1.000 cc.
Alun	25 gr.

La couche de gélatine sera alors assez dure pour ne pas fondre au

cours des opérations suivantes. Les épreuves seront ensuite lavées avant de passer dans le virage-fixage.

Virage-fixage sans or. — Un vieux bain d'hyposulfite, dans lequel ont été fixées des épreuves virées, devient lui-même susceptible de virer de nouvelles épreuves. De même, un bain de fixage acide, quoique ne contenant aucune trace de chlorure d'or, peut donner des tons agréables, mais peu stables et d'ordinaire rongés dans les demi-teintes.

La formule suivante donne un ton noir :

Solution de pentathionate de plomb à 21° Baumé	1.000 cc.
Hyposulfite de soude....................................	250 gr.

Pour préparer le pentathionate de plomb, on sature par du carbonate de plomb une solution d'acide pentathionique à 10° Baumé.

Virage au platine. — On obtient de beaux tons noirs, d'une remarquable stabilité, en virant au platine les épreuves préalablement virées à l'or, mais non fixées. La formule suivante convient particulièrement aux papiers à la celloïdine mats :

Eau..	800 cc.
Chloroplatinite de potassium	1 gr.
Acide citrique................................	20 —

Les épreuves virées à l'or et lavées sont laissées dans le bain de virage au platine pendant 5 à 10 minutes, suivant que la solution est neuve ou épuisée. On les retire aussitôt que le ton désiré est obtenu. On les lave ensuite à grande eau, et on les fixe dans un bain d'hyposulfite de soude à 5 p. 100.

Les papiers au citrate peuvent également être virés au platine. On obtient des tons très variés avec le bain suivant, qui devra précéder le virage-fixage. Les épreuves, tirées plus foncées que d'ordinaire, seront lavées dans deux ou trois eaux, puis immergées dans :

Eau..	500 cc.
Chlorure de sodium..........................	2 gr.
Chloroplatinite de potassium	1 —

On les y laissera jusqu'à obtention du ton noir, et on les lavera rapidement avant de les passer dans le bain de virage-fixage.

Virages divers. — On obtient des images bleu de Prusse sur

papier albuminé en faisant flotter l'épreuve, fixée et lavée, mais non virée, sur un bain préparé à l'aide des deux solutions suivantes mélangées en parties égales :

A.	Eau	1.000 cc.
	Citrate de fer ammoniacal	175 gr.
B.	Eau	1.000 cc.
	Ferricyanure de potassium	200 gr.

On peut traiter de même les papiers au citrate. La pureté des blancs est mieux conservée en divisant le virage en deux phases. L'épreuve, fixée et lavée, est d'abord plongée dans :

Eau	1.000 cc.
Ferricyanure de potassium	2 gr.

L'image y disparaît presque complètement. On lave avec soin, et l'on passe l'épreuve dans une solution diluée de perchlorure de fer, où l'image reparaît en bleu. On termine par des lavages abondants.

Le virage à l'urane donne des images brun-rouge. L'épreuve fixée et lavée est passée dans une solution saturée de chlorure de sodium, puis dans un bain d'alun à 6 p. 100. On la laisse 4 à 5 minutes dans chacun de ces deux bains, et on l'immerge dans :

Solution de ferricyanure de potassium à 2 p. 100	1 partie.
Solution de nitrate d'urane à 6 p. 100	1 —

Dans ce mélange, l'image passe du brun au rouge. On lave, on fixe de nouveau dans une solution d'hyposulfite de soude à 10 p. 100, et on lave à grande eau.

Lavages. — Les papiers aux sels d'argent doivent être soumis, après fixage, à des lavages abondants, afin d'assurer l'élimination de l'hyposulfite, dont les moindres traces restées dans la couche compromettraient la stabilité des images. Ces résidus du fixage attaquent, en effet, le dépôt d'argent, en provoquent la sulfuration et déterminent la formation d'un composé complexe jaunâtre qui pâlit à la longue et finit par disparaître. De là ces épreuves rongées, résultant de lavages insuffisants, que tout le monde connaît.

Cependant, si l'on prolonge les lavages au delà de 10 ou 12 heures, on risque de désagréger la pâte du papier. Pour éliminer

l'hyposulfite en quelques heures, il faut que les épreuves soient placées dans l'eau courante ou, à défaut, dans une eau fréquemment renouvelée. On les met habituellement dans une cuve en bois garnie de zinc. Si on les abandonne dans ce récipient, elles s'empilent au fond, et l'eau ne circule plus suffisamment entre les feuilles. Certaines cuves sont munies d'un grillage disposé à quelques centimètres au-dessus du fond. Les épreuves s'y déposent, tandis que l'eau contenant l'hyposulfite gagne le fond, par suite de sa plus grande densité. Le mieux est d'établir un système de siphonnage qui entretient le liquide et les épreuves en mouvement.

Si l'on ne dispose pas d'une provision d'eau suffisante pour opérer ainsi, on obtiendra néanmoins une élimination suffisante en procédant comme suit. On remplit à demi deux cuvettes d'eau. On met dans la première les épreuves, une à une. Au bout d'un quart d'heure, on retire les épreuves, toujours une à une, et on les immerge dans la seconde cuvette. On vide l'eau de la première cuvette, on la remplace par de l'eau propre, et, au bout d'un quart d'heure, on y plonge les épreuves. On recommence avec la seconde cuvette, et ainsi de suite, en changeant l'eau chaque fois.

On peut aussi se borner à employer une seule cuvette. Chaque fois qu'on change l'eau, il faut avoir soin de vider complètement le récipient, et même de presser un peu les feuilles empilées, de manière à chasser le plus d'eau possible. Enfin on abrège les lavages, en décomposant l'hyposulfite, soit au moyen du thioxydant Lumière à 10 p. 100, soit en immergeant les épreuves, préalablement alunées, dans :

Eau	100 cc.
Eau de Javel	15 —

On peut également employer l'acide nitrique, à raison de 2 gouttes pour 100 cc. d'eau.

Si l'on emploie un papier gélatiné et que le bain de virage ne contienne point d'alun, il est nécessaire de rendre la gélatine insoluble, avant de procéder aux lavages. Sans cette précaution, le montage des épreuves serait très délicat et, de plus, pendant l'été, la couche risquerait de couler pendant le lavage. Pour durcir la gélatine, il suffit de laisser les épreuves, pendant 5 minutes, dans

une solution d'alun ordinaire à 3 p. 100, ou dans une solution de formol à 1 p. 100. Le papier *Actinos,* qui ne contient point de sels solubles, peut même être durci au formol avant les opérations de virage et de fixage.

Séchage. — Les épreuves lavées sont suspendues par un coin à des pinces en bois fixées à une corde ou déposées, image en dessus, sur des feuilles de papier buvard blanc très propre. On peut appliquer un morceau de buvard sur l'image, pour en enlever les gouttelettes qui rendraient la dessiccation trop lente, mais il ne faut pas l'y laisser, car l'épreuve, en séchant, se couvrirait d'une sorte de duvet formé de filaments de papier.

Si les épreuves doivent être conservées non montées, on évitera qu'elles se roulent au séchage en les plongeant dans un mélange d'eau et de glycérine ou dans :

Eau	1.000 cc.
Alcool	400 —
Glycérine	300 —

On les y laisse environ 5 minutes et on les fait ensuite sécher comme d'habitude. Pour rendre plus brillante la surface des papiers gélatinés, on les fait sécher sur une surface polie (plaque de tôle émaillée, glace cirée ou enduite de talc) : nous reviendrons sur ce procédé, en traitant du montage des épreuves.

Insuccès. — Les procédés par noircissement direct sont si simples et si sûrs, que les insuccès y sont très rares et ne sont dus qu'à un manque de soins, soit dans le tirage, soit dans la préparation des bains de virage et de fixage.

Défaut de netteté. — Si le cliché est net et l'épreuve floue, c'est que la planchette du châssis-presse est mal assujettie ou a été ouverte trop brusquement. Garnir le châssis de coussins en feutre et n'ouvrir la planchette, pour examiner l'image, qu'avec précaution.

Taches. — Papier humide ou de préparation trop ancienne, cliché imparfaitement sec, condensation de l'humidité (surtout pendant la nuit), contact des doigts gras ou humides, cuvette mal lavée.

Image grise. — Cliché trop faible ou lumière trop intense. On y remédie, soit en renforçant le cliché, soit en tirant en lumière

faible, soit en interposant un verre dépoli, un verre coloré ou du papier dioptrique.

Image dure. — Cliché à contrastes exagérés, tirage à une lumière trop douce. Maquiller l'envers du cliché, sur les parties transparentes, à l'aide d'un vernis mat. Tirer au soleil.

Image rougeâtre. — Virage insuffisant, bain trop vieux ou trop froid, utilisé pour un trop grand nombre d'épreuves. Chauffer le bain, ou le renforcer avec un peu de bain neuf, prolonger davantage le virage.

Image noir froid. — Virage trop prolongé dans un bain neuf.

Inégalités de tons. — Épreuves insuffisamment remuées dans le bain de virage. Les points circulaires rouges correspondent à des parties couvertes de bulles d'air que l'on n'aura pas crevées assez rapidement et qui auront retardé le virage. Deux tons différents séparés par une ligne de démarcation très nette sont l'indice d'une immersion trop lente dans le bain de virage. On évite ces irrégularités en employant un bain assez abondant, en y plongeant rapidement les épreuves une à une, en chassant les bulles d'air immédiatement et en remuant constamment les papiers, soit dans le virage, soit dans le fixage.

Ampoules. — Bain de virage trop acide, température des bains trop élevée ou trop différente d'un bain à l'autre. Ces ampoules disparaissent généralement au séchage. Quelquefois cependant elles laissent une trace. On les évite à l'aide d'une solution d'alun à 3 p. 100.

Gélatine visqueuse. — Température trop élevée. Durcir la gélatine dans l'alun ou dans le formol.

Altération de l'image. — Lavage imparfait, humidité, émanations sulfureuses, mauvaise qualité de l'encollage du papier ou du carton sur lequel on le monte, acidité de la colle, exposition prolongée au soleil.

Photographie sur étoffes. — Les tissus peuvent être teints par des méthodes photographiques, comme nous le verrons en traitant des impressions pigmentaires (chap. XII). Mais on peut aussi tirer des images aux sels d'argent sur des étoffes recouvertes d'une sorte d'apprêt sensibilisé.

L'étoffe est d'abord plongée, pendant 30 à 40 secondes, dans :

Alcool	1.000 cc.
Benjoin	8 gr.
Mastic en larmes	5 —
Chlorure de cadmium	30 —

On la presse ensuite entre deux feuilles de papier buvard blanc parfaitement propres et on la laisse sécher à l'air. Pour la sensibiliser, on la tient immergée, pendant une minute, dans une solution de nitrate d'argent à 10 p. 100, et on la presse de nouveau entre deux feuilles de buvard avant de la laisser sécher dans l'obscurité.

Le tirage s'effectue dans le châssis-presse, comme s'il s'agissait d'exécuter une épreuve sur papier. Il faut seulement prolonger davantage l'impression, car l'image baisse un peu plus au virage.

Le tissu impressionné est lavé dans 5 ou 6 eaux différentes, et viré dans :

Eau	1.000 cc.
Bicarbonate de soude	1 gr.
Chlorure d'or	10 —

Quand le ton voulu est atteint, on rince, et on fixe dans une solution d'hyposulfite de soude à 10 p. 100.

La méthode précédente ne s'applique pas à la soie. Ce tissu doit d'abord être lavé à l'eau tiède, afin d'en éliminer l'apprêt ordinaire. On fait ensuite sécher, puis la pièce de soie est plongée dans :

Eau	100 cc.
Arrow-root	4 gr.
Chlorure de sodium	4 —
Acide acétique	15 cc.

Cette solution est préparée en délayant d'abord l'arrow-root dans un peu d'eau et en ajoutant le mélange au restant de l'eau dans laquelle on aura fait dissoudre le chlorure de sodium. On fait bouillir jusqu'à épaississement (l'arrow-root est une fécule et forme par conséquent un empois) et on ajoute l'acide acétique.

Au sortir de ce bain, la soie est mise à sécher. Pour la sensibiliser, on l'immerge dans :

Eau distillée	100 cc.
Nitrate d'argent	10 gr.
Acide nitrique	20 gouttes.

On fait sécher dans l'obscurité, on imprime au châssis-presse et on vire comme s'il s'agissait d'une épreuve sur papier albuminé. On procède de même pour le fixage et pour les lavages.

OUVRAGES A CONSULTER

A. Courrèges, *Impression des épreuves sur papiers divers par noircissement direct, par impression latente et développement,* Paris (Gauthier-Villars), 1898.

F. Dillaye, *le Tirage des épreuves en photographie,* Paris (J. Tallandier), 1903.

J.-M. Eder, *Die photographischen Kopierverfahren,* 2e édition, Halle a/S. (W. Knapp).

Klary, *Traité pratique d'impression photographique sur papier albuminé,* Paris (Gauthier-Villars), 1898.

A. Liébert, *la Photographie en Amérique,* 4e édition, Paris (B. Tignol), 1884.

L. Mathet, *les Insuccès dans les divers procédés photographiques,* Paris (Ch. Mendel).

P. Mercier, *Virages et Fixages,* 2 vol., Paris (Gauthier-Villars), 1892.

D. van Monckhoven, *Traité général de photographie,* 7e édition, Paris (G. Masson), 1884.

E. Trutat, *les Positifs en photographie,* Paris (O. Doin et fils), 1910.

E. Valenta, *Die Behandlung der für den Auskopierprozess bestimmten Emulsionspapiere (Chlorsilbergelatine- und Celloïdinpapiere),* Halle a/S. (W. Knapp).

CHAPITRE XI

LES PHOTOCOPIES PAR DÉVELOPPEMENT

Développement des papiers au chlorure. — Les papiers au chlorure d'argent noircissent directement au tirage, comme on l'a vu dans le chapitre précédent. Mais on peut également arrêter l'impression bien avant que l'image ait acquis toute son intensité, et la renforcer par développement. Cette opération sera pratiquée à l'aide d'un révélateur *physique* dont le nitrate d'argent aura été remplacé par celui que contient le papier. On a proposé un grand nombre de formules pour ces révélateurs, désignés quelquefois sous le nom de *continuateurs*. La plupart ne donnent que des images couvertes de taches ou de tonalité désagréable, qu'il est nécessaire de modifier dans un bain de virage. Ce ton varie d'ailleurs, non seulement suivant la composition du révélateur, mais aussi suivant le degré d'impression de l'image. En effet, une épreuve directement noircie à son intensité normale devient rouge dans le bain de fixage; une image invisible, au contraire, est révélée en noir au développement et reste noire dans l'hyposulfite. Ainsi donc, si une épreuve incomplètement noircie à la lumière est complétée ensuite dans un révélateur, sa teinte définitive sera intermédiaire entre le rouge et le noir, et d'autant plus rouge que le tirage aura été prolongé davantage. L'avantage de cette combinaison, outre la rapidité du tirage, c'est la stabilité des images, moins altérables que celles qu'on obtient par noircissement direct, et les beaux tons auxquels on arrive sans faire usage des bains d'or.

Le papier est exposé à la lumière, dans le châssis-presse, comme nous l'avons précédemment expliqué, mais seulement jusqu'à ce que l'image commence à apparaître. Cette image, à peine visible, est ensuite complétée dans le révélateur. Il faut bien se garder de laver le papier, avant de le soumettre au développe-

ment, car le nitrate d'argent qu'il contient est un élément essentiel du révélateur. Il va sans dire que ce procédé n'est pas applicable au papier *Actinos*.

Le continuateur à l'acide gallique est le plus ancien. On le prépare en faisant d'abord une solution de réserve :

Alcool à 90°	100 cc.
Acide gallique	10 gr.

Au moment de développer on prend :

Eau	200 cc.
Solution de réserve	5 —
Solution d'acétate de plomb à 10 p. 100	1 —

L'épreuve y est immergée rapidement, et la cuvette agitée avec soin. L'image se renforce progressivement et, quand elle est à point, on la retire aussitôt, on la lave sommairement et on la fixe à l'hyposulfite. On obtient ainsi un ton sépia. En augmentant la dose d'acétate de plomb, on aurait des tons noir marron. Si l'image est bien visible, même dans les ombres, il vaudra mieux augmenter la quantité d'eau indiquée : en la doublant, on aurait des tons sépia doré. On aura de beaux tons se rapprochant de ceux du papier albuminé viré à l'or, en prenant :

Eau	200 cc.
Solution de réserve	10 —
Solution d'acétate de plomb	5 gouttes.
Acide acétique cristallisable	15 à 25 —

Liesegang a proposé le continuateur suivant, connu sous le nom d'*Aristogène :*

A.	Eau bouillie	750 cc.
	Acétate de soude cristallisé	200 gr.
	Tartrate de soude et de potasse	30 —
	Acide citrique	3 —
B.	Alcool	200 cc.
	Glycérine	80 cc.
	Hydroquinone	45 gr.

On mélange ces deux solutions, que l'on conserve en flacons de 100 cc. bien bouchés. Au moment de développer, on prend :

Eau	100 cc.
Aristogène	10 —

Le ton obtenu est généralement d'un brun orangé qu'il est nécessaire de modifier en passant l'épreuve, préalablement lavée, dans un bain de virage-fixage ordinaire.

Le continuateur au métol donne de beaux tons pourprés et ne nécessite pas de virage complémentaire :

Eau	200 cc.
Métol	1 gr.
Acide tartrique	1 —

Il est à remarquer, toutefois, que les demi-teintes jaunissent parfois, dans l'hyposulfite, ou que l'image vire en deux tons différents, suivant l'intensité des ombres. Cet inconvénient ne se produit pas quand on emploie le paramidophénol, qui donne également de belles images, sans virage :

Eau	1,000 cc.
Paramidophénol (base)	5 gr.
Acide tartrique	7 —
Acétate de soude	11 —
Acide acétique	45 —

Ce bain est généralement trop énergique, et il est nécessaire de le diluer. A tous ces continuateurs il est utile d'ajouter un peu de gomme arabique, dont l'effet est de retarder la précipitation des composés insolubles qui se forment par la réaction du nitrate d'argent sur le révélateur. Il faut cependant éviter d'en mettre une trop grande quantité, car le développement serait alors trop ralenti. Le mieux sera de préparer d'avance une eau gommée concentrée dont on ajoutera 10 cc. à 100 cc. de révélateur.

Les papiers au chlorure destinés au développement seront manipulés en lumière très faible ou même dans le laboratoire. Il sera donc prudent d'effectuer en lumière inactinique l'ouverture de la pochette contenant le papier sensible, la mise en châssis, l'examen de l'image et le développement. Sans ces précautions, un voile général, d'abord invisible, se manifesterait ensuite dans le révélateur.

Papiers au gélatinobromure d'argent. — Les papiers recouverts d'une émulsion analogue à celle des plaques et des pellicules sont traités, de même, par développement et fixage. Les avantages qu'ils présentent sur les papiers à noircissement direct sont · la

rapidité du tirage, la régularité de l'impression à la lumière artificielle et la stabilité des images. La tonalité en est agréable quand le développement est bien conduit, mais les détails sont souvent perdus dans les ombres. Sans être réellement difficile, la manipulation en est un peu plus délicate que celle des papiers au citrate.

Les émulsions sur papier sont de sensibilités différentes, suivant l'usage auquel elles sont destinées. Les plus rapides, quoique plus lentes que les plaques, ne doivent être manipulées qu'en lumière rouge. Les papiers les plus lents, recouverts d'une émulsion spéciale au chlorobromure, peuvent être exposés à la lumière jaune sans se voiler. Il est même possible d'opérer dans une pièce ordinaire, éclairée par une lampe à pétrole devant laquelle sera interposé un écran orangé en papier. Dans ce cas, l'ouverture des pochettes, le chargement et le déchargement du châssis-presse, ainsi que le développement et le fixage, seront effectués à l'abri de l'écran, tandis que le tirage se fera en approchant le châssis-presse de la lampe pendant quelques instants.

La manipulation de tous ces papiers nécessite quelques précautions. Il faut éviter de toucher les surfaces sensibles et surtout de les rayer; il ne faut même pas que le bord d'une feuille frotte sur l'émulsion d'une autre feuille. Les moindres frottements se traduisent, au développement, par des raies noires. C'est d'ailleurs pour les réduire au minimum que la pose doit être calculée de telle sorte que le développement s'accomplisse en moins d'une minute. La durée du développement influe d'ailleurs sur le ton de l'image; la pureté des blancs et la profondeur des noirs en dépendent aussi.

Il s'ensuit que la valeur du cliché influe sur l'aspect de l'épreuve. Les meilleures photocopies sont celles qui sont obtenues à l'aide de phototypes bien détaillés, vigoureux sans dureté, et dont le temps de pose n'a été ni trop court ni trop long. Toutefois, on peut compenser dans une certaine mesure l'excès ou le défaut de vigueur d'un cliché, en modifiant l'intensité de la source lumineuse. Comme les papiers au gélatinobromure sont impressionnés à la lumière artificielle, il suffira de faire varier la distance entre la lampe et le châssis-presse. On éloignera donc les clichés doux, tandis qu'on rapprochera les clichés durs. Il sera même possible

de faire des corrections locales, en approchant des parties trop opaques la flamme d'une allumette-bougie.

Les meilleurs révélateurs des papiers au gélatinobromure sont ceux au diamidophénol et à la métoquinone. Le premier sera préparé, au moment de l'emploi, selon la formule :

Eau....................................	1.000 cc.
Sulfite de soude anhydre....................	20 gr.
Diamidophénol..............................	5 —
Solution de bromure de potassium à 2 p. 100..	10 cc.

Ce révélateur ne se conserve pas, mais donne de très beaux noirs, en même temps que des blancs très purs. Le bain à la métoquinone se conserve longtemps, préparé de la façon suivante :

Eau....................................	1.000 cc.
Métoquinone...............................	9 gr.
Sulfite de soude anhydre....................	60 —
Carbonate de soude..........................	10 —
Solution de bromure de potassium à 10 p. 100.	10 cc.

Ces deux formules sont établies de telle sorte qu'une épreuve exposée pendant le temps voulu soit complètement développée en 30 ou 40 secondes. Toutefois, si l'on veut obtenir une image vigoureuse d'un cliché doux, on réduira un peu le temps de pose, et on augmentera la dose de bromure, de manière que le développement dure un peu plus longtemps.

Le révélateur est d'abord versé dans un verre, en quantité suffisante pour recouvrir facilement le papier, soit au moins 100 cc. pour une feuille 13×18. L'épreuve est trempée dans une cuvette pleine d'eau, que l'on vide quand le papier est suffisamment assoupli. On aura soin que le côté émulsionné soit en dessus. On projette alors d'un seul coup le révélateur sur la couche sensible, en évitant les bulles d'air par une rapide agitation de la cuvette. Aussitôt que l'image est sur le point d'atteindre à l'intensité voulue, on reverse dans le verre le révélateur qui servira à développer l'épreuve suivante, on lave l'épreuve qui vient d'être développée et on la fixe dans :

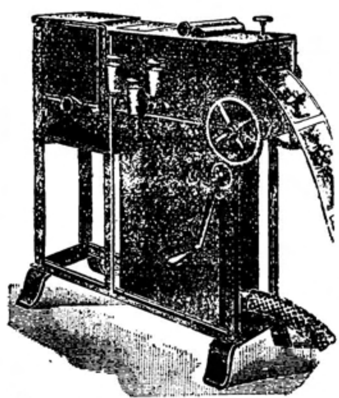
Eau....................................	1.000 cc.
Hyposulfite de soude........................	200 gr.
Bisulfite de soude liquide....................	20 cc.

Le lavage qui précède le fixage doit être rapide, sans quoi l'image serait trop noire et les blancs n'en seraient pas parfaitement purs. Le fixage est terminé au bout de 5 minutes. L'élimination de l'hyposulfite exige, comme toujours, des lavages abondants et prolongés. Pendant l'été, le coulage de la gélatine et la formation des ampoules seront évités au moyen d'une solution d'alun à 3 p. 100, comme pour les papiers au citrate. La dessiccation s'effectuera de même, comme nous l'avons expliqué au chapitre précédent.

Au début d'un tirage au gélatinobromure, il est prudent de n'exposer sous le cliché qu'un petit morceau de papier que l'on trempe dans le révélateur, afin de déterminer le temps de pose. Après quelques essais, on est exactement fixé sur la valeur du cliché et de l'éclairage, et le tirage s'effectue dès lors très rapidement, avec une régularité parfaite. En employant un révélateur de composition constante et peu oxydable, comme la métoquinone, la durée du développement est invariable, si bien qu'il est facile d'obtenir un grand nombre d'épreuves identiques, en réduisant au minimum la surveillance des opérations. Dans certaines usines même, tout s'effectue automatiquement, à l'aide de machines : c'est ce que l'on a appelé la *photographie au kilomètre*. Le papier au gélatinobromure est enroulé en longue bande sur un treuil. Un mécanisme l'amène d'abord sous le cliché, au-dessus duquel une lampe électrique détermine l'impression de l'image latente. Le papier avance de la quantité voulue, et une nouvelle surface se présente sous le cliché. Pendant que l'impression continue, le commencement de la bande a été amené par la machine dans une cuve contenant le révélateur. Chaque photocopie n'y séjourne que juste le temps nécessaire au développement et passe ensuite dans d'autres récipients destinés au fixage et aux lavages. La bande est enfin séchée rapidement, et les épreuves automatiquement coupées. On a ainsi, en quelques instants, de très belles impressions, stables, à des conditions de prix inconnues autrefois, susceptibles de lutter même avec les tirages photomécaniques.

Le *Thebugraph* (fig. 94 et 95), construit par Th. Busam, de Stuttgard, est une réduction simplifiée des usines dont nous venons de décrire sommairement la disposition. C'est un appareil facilement transportable, puisqu'il pèse moins de 30 kilos, et qui n'exige de

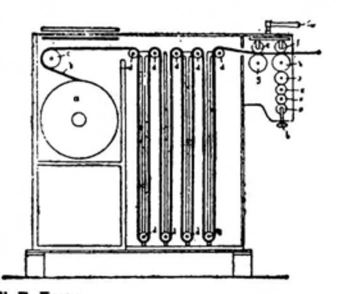
l'opérateur aucune connaissance spéciale. On le charge en pleine lumière, avec un rouleau de papier ou de carte au bromure d'une longueur de 50 mètres, ce qui représente environ 320 cartes postales. On tourne la manivelle, et la bande passe successivement sous le cliché, puis dans les bacs contenant le révélateur, le fixateur et les eaux de lavage. Les épreuves sortent de l'appareil à moitié sèches : quelques instants d'exposition à l'air suffisent pour compléter la dessiccation. La production du Thebugraph est d'environ 800 exemplaires à l'heure. Les tirages sont remarquables par la régularité de leur impression, et la mise en train est assez rapide pour qu'on puisse commencer la livraison une heure à peine après l'exécution du cliché.



Cl. F. Krebs.
Fig. 94. — Thebugraph.

Virage des photocopies au bromure. — Le développement des papiers au bromure donne des tons noirs qu'il est facile de modifier par un virage. Un grand nombre de formules ont été proposées, mais la plupart ne donnent que des images facilement altérables. Nous indiquerons les méthodes les plus sûres.

Virage en brun par sulfuration. — Bien que la sulfuration accidentelle des épreuves aux sels d'argent soit la cause fréquente de leur altération, le traitement suivant donne des images très stables. Ce traitement, dû à MM. Lumière et Seyewetz, consiste à sulfurer l'argent par le soufre à l'état naissant à l'état colloïdal. A cet effet, on mêle à une solution d'hyposulfite un colloïde, tel que la gomme arabique, et, après dissolution, on y ajoute de l'acide chlorhydrique, qui décompose



Cl. F. Krebs.
Fig. 95. — Coupe du Thebugraph.

l'hyposulfite et libère du soufre. Ce soufre ne se dépose pas, mais reste émulsionné à l'état d'extrême division, si les proportions de colloïde, d'hyposulfite et d'acide sont convenablement établies. Le mélange suivant satisfait à cette condition :

Eau	1.000 cc.
Hyposulfite de soude	125 gr.
Solution de dextrine à 50 p. 100	250 cc.

Au moment d'utiliser cette solution pour le virage, on ajoute :

Acide chlorhydrique ordinaire	50 cc.

Le mélange, qui, au début, était jaunâtre et limpide, devient peu à peu lactescent, mais le soufre qu'il contient ne se dépose pas, même après plusieurs heures. Les épreuves ne paraissent y subir aucun changement; mais si, après 20 à 25 minutes d'immersion, on les soumet à un lavage prolongé, on voit leur teinte virer peu à peu au brun. Après une heure et demie de lavage, le ton définitif est obtenu : c'est un brun chaud, avec des blancs très purs.

Pour remédier à la longueur du lavage, on peut le confondre avec celui qu'exige l'élimination du fixateur. On peut même simplifier la méthode précédente, en utilisant l'hyposulfite dont le papier est imprégné au sortir du bain de fixage : l'épreuve est alors plongée directement dans une solution d'acide chlorhydrique à 1 p. 100, où elle séjourne pendant 30 à 40 minutes, après quoi on la lave pendant une heure et demie au moins.

Virage rouge-cuivre. — Dans une solution à 1 pour 100 de sulfate de cuivre, on verse peu à peu une solution saturée de carbonate d'ammoniaque. Quand le précipité qui s'est d'abord formé se redissout, on ajoute $0^{gr},2$ de ferricyanure de potassium (prussiate rouge). L'épreuve, préalablement fixée et lavée, est plongée dans ce bain : elle passe de la couleur lilas au rouge-violet et finalement au rouge vif. On lave ensuite avec soin.

Virage sépia. — L'épreuve, bien lavée après fixage, est plongée dans :

Eau	1.000 cc.
Ferricyanure de potassium	1 gr.
Azotate d'urane	1 —
Acide acétique cristallisable	40 —

Virage bleu de Prusse. — L'épreuve, bien lavée, est plongée dans :

Eau	100 cc.
Ferricyanure de potassium	5 gr.
Ammoniaque	5 gouttes.

Quand l'image a presque complètement disparu, on lave la feuille et on l'immerge dans :

Eau	100 cc.
Solution concentrée de perchlorure de fer	2 gr.

L'image présente alors une teinte bleue très franche.

Virage vert. — L'épreuve, d'abord virée en bleu comme il vient d'être dit, est passée, après lavage, dans la solution :

Eau	100 cc.
Sulfure de sodium	1 gr.
Acide chlorhydrique	5 cc.

Virage jaune. — On prépare séparément les deux solutions :

A.	Eau	100 cc.
	Ferricyanure de potassium	8 gr.
B.	Eau	100 cc.
	Nitrate de plomb	8 gr.
	Acide acétique	5 cc.

On les mélange au moment de l'emploi et, si le liquide devient opalescent, on le filtre avant de s'en servir. L'épreuve y blanchit en peu de temps. On lave jusqu'à disparition complète du voile jaune uniforme, puis on passe dans une solution de bichromate de potasse à 1 pour 100. On lave de nouveau, et, si les blancs restent jaunâtres, on les décolorera dans une solution d'acide sulfurique à 1/2 pour 100. Si l'on neutralise le bichromate avec un peu d'ammoniaque et qu'on y ajoute de l'iodure de potassium, on aura une image plus intense.

Si l'on ajoute au bichromate (non neutralisé) une faible quantité de perchlorure de fer, le ton obtenu sera vert intense.

Si l'on ajoute au bichromate du bichlorure de cuivre, l'image sera de couleur orangée. En modifiant les proportions de ces divers éléments, on réalise une grande variété de teintes.

Insuccès. — Certaines causes d'insuccès sont communes aux procédés par développement et aux procédés par noircissement

direct : il en est ainsi, notamment, pour le défaut de netteté, l'insuffisance ou l'excès d'intensité, les inégalités de tons, les ampoules et la viscosité de la gélatine. On n'aura donc qu'à se reporter à ce qui en a été dit au chapitre précédent. Par contre, il en est de spéciales au gélatinobromure.

Absence d'image au développement. — La conservation des émulsions étant presque indéfinie, l'absence d'image est due soit à l'omission d'un produit dans le révélateur, soit à l'emploi de produits impurs, soit à une sous-exposition très considérable, occasionnée quelquefois par le retournement du papier, que l'opérateur aura appliqué par mégarde à l'envers contre le cliché.

Blancs sales. — Excès de développement ou dose insuffisante de bromure de potassium dans le révélateur.

Teinte verdâtre. — Cliché trop doux, excès de bromure ou excès d'exposition compensé par un développement abrégé.

Teinte jaune. — Excès de développement, révélateur altéré, fixateur trop vieux.

Points noirs. — Parcelles de révélateur incomplètement dissoutes avant l'immersion du papier.

Traits noirs. — Frottement de la surface sensible. Ces traces peuvent être effacées, après séchage, en les frottant fortement avec une peau très douce imbibée d'alcool. Il est possible de les éviter, quand on sait que l'émulsion a été rayée, en ajoutant au révélateur 2 à 4 cc. d'une solution d'iodure de potassium à 1 p. 100. Les blancs restent alors parfaitement blancs, mais le fixage de l'épreuve est un peu plus lent, parce que l'hyposulfite dissout difficilement l'iodure d'argent qui s'est substitué au bromure. On obtiendra, si l'on veut, un fixage plus rapide, en employant 300 gr. d'hyposulfite par litre d'eau.

Taches jaune-brun. — Traces d'hyposulfite dans le révélateur; doigts ou cuvettes mal lavés.

Platinotypie. — Le platine étant inaltérable, on a songé depuis longtemps à l'utiliser en photographie. La platinotypie a été inventée par Willis, en 1878. Nous avons vu qu'il était facile de virer au platine les photocopies au chlorure d'argent préalablement virées à l'or. On a ainsi de beaux tons noirs très stables. Mais on peut aussi tirer directement des épreuves au platine, en uti-

lisant, comme l'a imaginé Willis, la propriété qu'ont les sels de sesquioxyde de fer d'être réduits par la lumière en sels de protoxyde, lesquels sont eux-mêmes susceptibles de réduire certains sels de platine. Ce procédé est simple et rapide. Les images qu'il donne sont caractérisées par un réel cachet artistique, une teinte gris-noir rappelant l'aspect d'une gravure ou d'un dessin au crayon. Les teintes extrêmes du sujet sont bien rendues, sans que les détails des ombres disparaissent. L'épreuve est une exacte interprétation du cliché, et sa stabilité est certaine. Le seul inconvénient du papier au platine est son prix élevé.

Il importe de ne pas confondre le papier au platine avec certains papiers au gélatinobromure mats, dont l'étiquette porte la mention « platine », sous prétexte que la tonalité qu'ils donnent offre quelque ressemblance avec les résultats de la platinotypie : en réalité, ces papiers ne réalisent ni la finesse des images au platine, ni le fouillé de leurs noirs profonds, ni leur stabilité.

Bien que l'on trouve dans le commerce le papier au platine prêt à l'emploi, nous en ferons connaître le mode de préparation. Certains amateurs préfèrent d'ailleurs sensibiliser eux-mêmes les papiers spéciaux qu'ils se proposent d'utiliser dans leurs tirages.

Le papier doit être de pur chiffon et bien encollé. On emploie de préférence les papiers de Rives, de Zander et de Steinbach, et on leur fait subir un encollage supplémentaire en les trempant 5 minutes dans la solution suivante maintenue chaude :

Eau	1.000 cc.
Arrow-root	15 gr.
Alun	5 gr.

Après séchage, on recommencera l'encollage, en procédant comme la première fois. Certains papiers doivent même être encollés à trois ou quatre reprises.

Les formules de sensibilisation sont assez nombreuses, mais peu différentes les unes des autres. La plus simple comprend :

Solution saturée de chloroplatinite de potassium.....	4 cc.
Solution saturée d'oxalate ferrique	8 —

L'oxalate ferrique (qu'il ne faut pas confondre avec l'oxalat ferreux) est préparé en mettant en présence le perchlorure de fer

et l'acide oxalique. Ce composé est sensible à la lumière et devra être conservé dans l'obscurité.

Le mélange sensibilisateur est étendu sur le papier, d'abord avec un pinceau assez dur, puis égalisé au blaireau. Cette opération ainsi que le séchage devront s'effectuer à l'abri de la lumière actinique. La dessiccation sera activée en chauffant le papier au moyen d'un bec de gaz ou d'une lampe à alcool, sans dépasser cependant 50° à 60°. Quelques minutes suffiront dans ces conditions.

Le papier au platine ne se conserve bien qu'à la condition d'être parfaitement sec. Comme la couche sensible est très hygrométrique, les feuilles doivent être enfermées dans des étuis spéciaux contenant une substance desséchante, telle que le chlorure de calcium. Les papiers au platine que l'on trouve dans le commerce exigent les mêmes précautions que ceux que l'opérateur a préparés lui-même : ils ne doivent être exposés ni à la chaleur ni à l'humidité. On les conservera dans un endroit frais et sec. Quand on ouvre le tube pour y prendre une feuille destinée au tirage, il faut renfermer immédiatement les autres feuilles, sans quoi l'effet de l'humidité qu'elles auraient absorbée se traduirait par des images grises, dépourvues de vigueur et de brillant.

On s'assurera que le cliché et le coussin du châssis-presse sont parfaitement secs. Il est même avantageux de remplacer le coussin de feutre ou de papier par une feuille de caoutchouc.

L'exposition s'effectue à la lumière diffuse du jour. Si le châssis est placé en plein soleil, le cliché sera protégé par un verre dépoli ou par une feuille de papier joseph. Le chargement du châssis et l'examen de l'image s'effectueront à une lumière aussi faible que possible.

L'image est légèrement visible; dès qu'elle apparaît sous les parties opaques du cliché, le tirage est terminé : l'expérience apprendra rapidement le degré exact auquel il est nécessaire de s'arrêter.

Si l'épreuve n'est pas développée immédiatement après le tirage, on l'enfermera dans un tube contenant des substances desséchantes.

Le développement s'effectue d'ordinaire dans :

Eau	100 cc.
Oxalate neutre de potasse	25 gr.

Cette solution doit être employée chaude (40° à 50°) si l'on se sert du papier préparé comme nous l'avons indiqué. Actuellement, la plupart des papiers au platine que l'on trouve dans le commerce se développent à froid, soit dans la solution d'oxalate, soit dans un bain spécialement préparé par les fabricants. Le développement est très facile et très rapide. L'épreuve est immergée d'un seul coup dans le révélateur : aussitôt, l'image que l'on distinguait à peine en gris pâle sur le fond jaune de la couche acquiert toute son intensité, qui dépend uniquement du degré d'impression lumineuse et n'est pas augmentée par un séjour prolongé dans le révélateur.

Le fixage s'effectue en passant l'épreuve, sans lavage préalable, dans trois bains consécutifs identiques, ainsi composés :

Eau	1.000 cc.
Acide chlorhydrique pur	15 —

La qualité de l'acide chlorhydrique influe sur le résultat. L'esprit de sel du commerce donnerait des épreuves jaunes. Il faut employer l'acide chimiquement pur. L'épreuve séjourne 3 minutes dans chacun des bains acides. Après un lavage de 15 à 20 minutes à l'eau courante, on la laisse sécher.

Certains photographes additionnent de glycérine la solution d'oxalate, afin d'en ralentir l'action et de développer l'image au pinceau, en insistant plus ou moins sur les diverses parties de sa surface. Ce développement local constitue une véritable retouche, qui permet de corriger les défauts du négatif. A cet effet, Horsley-Hinton a proposé d'employer trois solutions différentes, que l'on applique sur telle ou telle région de l'image, selon l'effet que l'on désire réaliser.

1.	Solution d'oxalate à 30 p. 100.	
2.	Glycérine	1 partie.
	Solution d'oxalate	1 —
3.	Glycérine	4 —
	Solution d'oxalate	1 —

Il va sans dire que les zones recouvertes de ces mélanges différents devront être raccordées entre elles à coups de pinceau, de manière à graduer le modelé de l'image sans brusques transitions.

Pour obtenir des épreuves de teinte sépia, il faut prolonger l'exposition un peu plus que pour les tons noirs habituels et développer dans le révélateur suivant :

A.	Eau	1.000 cc.
	Oxalate neutre de potasse	120 gr.
B.	Eau	1.000 cc.
	Citrate de potasse	20 gr.
	Bichlorure de mercure	12 —
	Acide citrique	32 —

Le fixage s'opère, comme d'habitude, dans l'acide chlorhydrique dilué, que l'on renouvelle jusqu'à ce qu'il ne se colore plus en jaune.

On trouve actuellement dans le commerce des papiers au platine qui se traitent par simple fixage. Les sels sensibles et le révélateur sont réunis dans la couche, et la réaction s'opère par la simple humidité de l'atmosphère. Aussi faut-il redoubler de précaution pour conserver ce papier à l'état sec. Le tirage est poussé jusqu'à ce que l'image, qui se développe au fur et à mesure de sa formation, ait acquis sa vigueur définitive. On fixe dans l'eau additionnée d'acide chlorhydrique.

Papiers aux sels de fer. — Ces papiers rendent mal les demi-teintes et ne sont appliqués qu'à la reproduction de dessins au trait. Ils servent surtout à copier les plans dressés sur papier transparent. On en distingue trois catégories.

1. *Papier au ferro-prussiate* ou *ferrotype négatif*. — Ce papier donne une image positive bleue quand on l'impressionne sous un cliché négatif. Si l'on s'en sert pour copier un plan tracé en noir sur papier transparent, ce plan se trouvera figuré en traits blancs sur fond bleu. Le bain de sensibilisation est préparé en mélangeant par parties égales :

A.	Eau	100 cc.
	Citrate de fer ammoniacal	20 gr.
B.	Eau	100 cc.
	Ferricyanure de potassium	16 gr.

Pour sensibiliser le papier, on le fait flotter sur ce mélange pendant 2 minutes. On peut également sensibiliser le carton en le badigeonnant au moyen d'un pinceau ou d'une touffe de coton hydrophile imbibé de la même liqueur. On sèche dans l'obscurité.

L'impression se fait dans le châssis-presse exposé à la lumière diffuse ou en plein soleil. On l'arrête quand le papier, d'abord jaune, prend une teinte lilas clair ou gris d'argent dans les grands noirs de l'image, qui présentent alors une sorte d'aspect métallique. Cette image est faible, mais acquiert rapidement l'intensité voulue par simple développement dans l'eau. Des lavages abondants suffisent pour fixer l'épreuve.

2. *Papier cyanofer, cyanotype* ou *ferrotype positif.* — Ce papier donne une image bleue de même sens que le cliché · l'épreuve tirée sous un négatif est donc négative, et la copie d'un plan dessiné sur papier transparent le reproduit en traits bleus sur fond blanc. Le sensibilisateur est constitué par :

A.	Eau	100 cc.
	Gomme arabique	20 gr.
B.	Eau	100 cc.
	Citrate de fer ammoniacal	50 gr.
C.	Eau	100 cc.
	Perchlorure de fer sublimé	50 gr.

Au moment de l'emploi, on mélange :

Solution	A	20 cc.
—	B	8 —
—	C	5 —

Ce mélange est étendu, sur un papier bien encollé, à l'aide d'un large pinceau ou d'une éponge fine. La dessiccation s'accomplit dans l'obscurité, et le tirage est surveillé comme pour le papier précédent. On développe en passant à la surface de l'épreuve un pinceau imbibé de ferrocyanure de potassium (prussiate *jaune*) à 20 p. 100. On peut aussi faire flotter la feuille, image en dessous, sur cette solution, mais en évitant que le liquide vienne mouiller le dos du papier, où il produirait des taches indélébiles.

L'épreuve développée est rincée d'abord à l'eau pure, puis dans de l'eau acidulée par addition de 6 à 8 p. 100 d'acide sulfurique ou chlorhydrique, où le ton de l'image passe du violet au bleu de Prusse. On lave ensuite de nouveau, et on fait sécher.

3. *Papier au gallate de fer.* — Ce papier donne, comme le précédent, un contretype du cliché, c'est-à-dire une image négative sous

un négatif et positive sous un positif; seulement cette image est noire. Pour le sensibiliser, on prépare :

A.	Eau	500 cc.
	Gomme arabique	50 gr.
B.	Eau	200 cc.
	Acide tartrique	50 gr.
C.	Eau	200 cc.
	Sulfate de fer	80 gr.

On verse C dans B et le tout dans A, puis on ajoute :

Perchlorure de fer liquide à 45° Baumé	100 cc.

Après filtrage, on enduit de cette liqueur le papier, qu'on laisse sécher dans l'obscurité. On imprime au châssis-presse, en surveillant le tirage comme pour les papiers précédents, et on développe dans :

Eau	1.000 cc.
Acide oxalique	0 gr. 1
Acide gallique	3 —

On lave ensuite avec soin, dans l'eau ordinaire, sans fixateur spécial.

Callitypie. — Ce procédé, assez ancien, est fondé sur la propriété qu'ont les sels ferriques réduits par la lumière à l'état de sels ferreux, de réduire à leur tour les sels d'argent. Il offre donc une certaine analogie avec la platinotypie. Il donne d'ailleurs de belles épreuves, très artistiques et peu coûteuses, aussi stables que celles que l'on obtient sur les papiers au bromure. Les formules de callitypie sont assez nombreuses, mais ne diffèrent guère les unes des autres. Les suivantes, dues à M. Margaret Walpole, fournissent d'excellentes images, très stables.

Le papier, bien encollé, est sensibilisé au moyen de la solution :

Eau	100 cc.
Oxalate ferrique	17 gr.
Azotate d'argent	7 —

L'eau est d'abord chauffée avec l'oxalate, jusqu'à dissolution complète de ce sel. Si la dissolution est trop longue à se faire, on l'active en ajoutant 1 gr. d'acide oxalique. On filtre ensuite et l'on ajoute l'azotate d'argent. Le mélange se conserve assez longtemps, à l'abri de la lumière.

La sensibilisation s'effectue à la clarté d'une bougie. Le papier est fixé par quatre pointes à une planchette, et la liqueur sensibilisatrice y est étendue au moyen d'un tampon de coton. On active ensuite la dessiccation en chauffant légèrement les feuilles, que l'on conserve ensuite à l'abri de l'humidité dans des étuis contenant du chlorure de calcium. Il vaut mieux cependant l'employer le plus tôt possible.

L'impression est à peine visible : on ne distingue qu'une image bleuâtre très faible sur le fond jaune de la couche sensible. Le mieux est de contrôler le tirage au moyen d'un photomètre analogue à l'impressimètre de Wynne. La composition du révélateur varie suivant le ton que l'on désire obtenir :

1. Pour tons bruns :

Eau	250 cc.
Borax	27 gr.
Sel de seignette (tartrate double de potasse et de soude)	20 —
Solution de bichromate de potasse à 1 p. 100	20 cc.

2. Pour tons sépia chauds :

Eau	250 cc.
Sel de seignette	14 gr.
Solution de bichromate à 1 p. 100	15 cc.

En mélangeant ces deux révélateurs suivant des proportions différentes, on obtient une grande variété de teintes. Le bichromate augmente la vigueur des images; on en ajoutera donc plus ou moins, suivant le caractère du phototype. Une dose trop élevée empêcherait cependant les demi-teintes de se développer.

Le développement dure environ 15 à 20 minutes. On lave ensuite, et on fixe dans :

Eau	500 cc.
Hyposulfite de soude	28 gr.
Ammoniaque	6 cc.

Les épreuves y séjournent 10 minutes et sont enfin lavées à l'eau courante pendant une demi-heure.

Papier sépia. — La surface sensible de ce papier contient de l'azotate d'argent et un sel ferrique, comme en callitypie, mais le développement s'effectue dans de l'eau ordinaire. Le sensibilisateur est préparé en mélangeant :

A.	Eau	50 cc.
	Citrate de fer ammoniacal vert	20 gr.
	Acide citrique	5 —
B.	Eau	10 cc.
	Azotate d'argent	5 gr.

Au moment de l'emploi, on réunit ces deux solutions et l'on y ajoute une quantité d'eau suffisante pour arriver au volume total de 100 cc. On a ainsi un liquide trouble que l'on étend tel quel sur le papier. Si l'on estime qu'une seule application ne donnera pas des images suffisamment vigoureuses, on procédera, après dessiccation, à une nouvelle sensibilisation. Le papier maintenu sec se conserve plusieurs mois en bon état.

La durée de l'exposition à la lumière est plus courte qu'avec le papier albuminé et même qu'avec beaucoup de papiers au citrate. On ne distingue qu'une image très faible, et il faut d'ailleurs arrêter le tirage avant que tous les détails soient visibles.

Le développement s'effectue dans l'eau, que l'on renouvelle à deux ou trois reprises. L'image acquiert rapidement toute son intensité ; elle est d'un ton jaune foncé assez désagréable, qui vire au brun dans le bain de fixage, constitué par une solution d'hyposulfite de soude dont la concentration ne doit pas dépasser 10 p. 100. Un fixateur plus fort affaiblirait l'image. On lave ensuite à l'eau courante pendant 10 minutes. En séchant, les images gagnent en vigueur et prennent un beau ton sépia.

L'image ne peut pas être virée avant le fixage, mais elle peut l'être après. Elle acquiert un beau ton pourpre dans :

Eau	1.000 cc.
Sulfocyanure d'ammonium	25 gr.
Chlorure d'or brun	5 —

Il va sans dire que le virage doit être précédé d'un lavage suffisant pour assurer l'élimination de l'hyposulfite.

Papier aux sels de cuivre. — Un papier bien encollé à l'amidon est mis à flotter pendant une minute sur :

Solution saturée de bichromate de potasse	20 cc.
Solution saturée de sulfate de cuivre	80 —

On fait sécher dans l'obscurité, et on expose sous un négatif,

jusqu'à ce que l'image soit nettement dessinée, quoique très faible. On développe en faisant flotter l'épreuve sur la solution :

Eau	100 cc.
Nitrate d'argent	1 gr. 5

L'image se renforce rapidement et prend une tonalité rouge. On termine par des lavages abondants.

Si l'on préfère une image de teinte lilas, le papier impressionné sous le négatif est d'abord lavé à l'eau pure, dans l'obscurité. On le plonge ensuite dans une solution de chlorure de sodium très diluée, on lave de nouveau, et on fait sécher dans l'obscurité. On soumet alors à l'action des vapeurs ammoniacales, et on expose à la lumière : l'épreuve prend alors un ton lilas. On obtient une image d'un beau rouge en la plongeant, après exposition, dans un bain de ferricyanure de potassium (Sassi).

Papiers aux sels d'uranium. — On dissout dans une petite quantité d'eau :

Nitrate d'urane	72 gr.
Nitrate de cuivre	20 —

et on neutralise la solution en y ajoutant quelques gouttes de carbonate de soude, jusqu'à ce que le papier de tournesol bleu n'y rougisse plus. On ajoute ensuite la quantité d'eau nécessaire pour faire un litre.

On fait flotter sur cette solution, pendant une ou deux minutes, un papier gélatiné ou encollé à l'arrow-root, que l'on fait ensuite sécher dans l'obscurité. Après exposition à la lumière sous le négatif, on développe dans :

Eau	100 cc.
Ferricyanure de potassium	8 gr.

On termine par un lavage abondant.

Ce procédé donne des images rouge-sang. Pour obtenir des tons brun-sépia, le sensibilisateur sera constitué par :

Nitrate d'urane	127 gr.
Nitrate de cuivre	8 —

Ces sels sont d'abord dissous dans une faible quantité d'eau, comme dans la méthode précédente. On neutralise avec de l'am

moniaque pure, jusqu'au rougissement du papier de tournesol, et l'on ajoute assez d'eau pour porter le volume de la solution à 1.000 cc.

Le papier est sensibilisé par flottage sur cette solution et séché à l'obscurité. Le tirage à la lumière diffuse, sous un cliché de moyenne intensité, s'effectue en 8 ou 10 minutes. On développe dans :

Eau..	200 cc.
Ferricyanure de potassium	5 gr.

Pour fixer l'épreuve, il suffit de la laver abondamment.

OUVRAGES A CONSULTER

A. Courrèges, *Impression des épreuves sur papiers divers par noircissement direct, par impression latente et développement,* Paris (Gauthier-Villars), 1898.

F. Dillaye, *le Tirage des épreuves en photographie,* Paris (J. Tallandier), 1903.

J.-M. Eder, *Die photographischen Kopierverfahren,* 2e édition, Halle a/S. (W. Knapp).

H. Emery, *Manuel pratique de platinotypie,* Paris (Ch. Mendel), 1903.

Horsley-Hinton, *la Platinotypie,* Paris (Gauthier-Villars), 1898.

A.-F. von Hübl, *Der Platindruck,* Halle a/S. (W. Knapp).

R.-Ed. Liesegang, *le Développement des papiers photographiques à noircissement direct,* Paris (Gauthier-Villars), 1898.

E. Trutat, *les Tirages photographiques aux sels de fer,* Paris (Gauthier-Villars), 1904.

E. Trutat, *les Positifs en Photographie,* Paris (O. Doin et fils), 1910.

CHAPITRE XII

LES PROCÉDÉS PIGMENTAIRES

Invention du procédé au charbon. — L'instabilité des épreuves aux sels d'argent a fait chercher, dès les premiers temps de la photographie, un procédé susceptible de fournir des images inaltérables. Il s'agissait de substituer à ces sels une matière analogue à l'encre d'imprimerie.

Vauquelin, en 1798, avait constaté l'altérabilité du chromate d'argent à la lumière. Mungo Ponton, en 1838, découvrait la propriété que possède le bichromate de potasse de rendre certaines matières organiques insolubles sous l'influence de la lumière.

En 1855, A. Poitevin faisait breveter un procédé de tirage fondé sur l'insolubilisation par la lumière de la gélatine bichromatée. Un papier était recouvert d'une solution de gélatine additionnée de bichromate de potasse et de noir de fumée ou de toute autre couleur en poudre. On faisait sécher dans l'obscurité, et on appliquait cette couche sensible sous un cliché négatif. Après exposition à la lumière, le papier était lavé dans l'eau chaude, qui dissolvait la gélatine préservée de l'action lumineuse par les opacités du phototype, tandis que la gélatine insolubilisée sous les transparences du négatif demeurait adhérente au papier.

Ce procédé ne s'appliquait qu'à des reproductions de gravures, à des dessins au trait. Les images photographiques exécutées d'après nature, composées d'une infinité de demi-teintes, perdaient leurs détails les plus délicats dans l'opération du *dépouillement* ou dissolution du pigment dans l'eau chaude. Et il est facile d'en comprendre la raison. La gélatine bichromatée est, en principe, soluble dans l'eau chaude, et l'action de la lumière a pour effet de la rendre insoluble. Mais cette action ne s'opère pas uniformément dans toute l'épaisseur de la couche. Comme la gélatine colorée est

peu transparente, la lumière n'insolubilise d'abord que la surface, puis gagne de proche en proche et finit par rendre insoluble la couche sensible dans toute son épaisseur. Il en résulte que les demi-teintes ne sont insolubilisées qu'à la surface et qu'il reste, entre cette mince pellicule insoluble et le papier, une sous-couche de gélatine encore soluble. Cette dernière est donc emportée, lors du dépouillement, et entraîne avec elle la pellicule superficielle privée de tout support.

C'est à l'abbé Laborde qu'est due cette explication de l'insuccès de Poitevin, et c'est à Fargier que revient le mérite d'avoir su y remédier en transportant la couche gélatineuse sur un autre support, ce qui permet d'effectuer le dépouillement par-dessous. Fargier coulait la mixtion gélatineuse sur un verre collodionné. Swan, en 1864, supprime la pellicule de collodion et coule la couche colorée sur un papier. Après l'insolation, il cimente le papier mixtionné sur un autre papier recouvert de caoutchouc, les immerge dans l'eau chaude, où le premier papier se détache de la couche. L'image est alors inversée, comme si le sujet était vu dans un miroir; on la redresse en transportant, après le dépouillement, la couche colorée sur un troisième papier.

La même année, Davies remarquait que la couche de gélatine adhérait au second support sans qu'il fût nécessaire d'employer le collodion ni le caoutchouc : il suffisait que le papier mixtionné ne restât préalablement plongé dans l'eau que pendant quelques instants. A partir de cette époque, le procédé au charbon par transfert était créé de toutes pièces, et l'on n'y a apporté depuis que quelques perfectionnements de détail. Ce procédé est un peu délicat, mais ne présente aucune difficulté sérieuse. Il fournit des images très fines, exactement de la nuance voulue et inaltérables.

Fabrication du papier au charbon. — Le papier au charbon est vendu non sensibilisé, car la gélatine une fois imprégnée de bichromate s'insolubilise spontanément, au bout de quelques jours, même dans l'obscurité. La fabrication dont il est ici question consiste donc à recouvrir un papier du mélange de gélatine et d'une couleur en poudre. L'amateur n'a aucun avantage à préparer soi-même le papier dont il a besoin, car, sans être bien compliquée, cette fabrication n'est exécutée avec la régularité nécessaire que dans

les usines spécialement outillées à cet effet. On trouve d'ailleurs dans le commerce un grand choix de nuances, suffisant pour tous les besoins. Il nous suffira donc de décrire en peu de mots le principe de cette fabrication.

Le papier brut est acheté en rouleaux, satiné et peu encollé. Il est entraîné, d'un mouvement uniforme, dans une cuvette chauffée contenant la solution de gélatine colorée. On se sert de gélatines fines, comme celles de Nelson ou de Coignet, quelquefois additionnées de colle de poisson. On y ajoute une couleur en poudre, autant que possible inaltérable, comme l'encre de Chine, le peroxyde de fer, l'alizarine, la purpurine, etc. Enfin, pour que la couche ne soit pas trop cassante, la mixtion contient un peu de sucre ou de savon. Voici, à titre d'exemple, les produits qui entrent dans la fabrication d'un rouleau de papier au charbon (ton brun-rouge photographique) de 3^{m},60 de longueur sur 0^{m},75 de largeur :

Eau	675 cc.
Gélatine n° 1 de Nelson	25 gr.
Gélatine de poisson ambrée	200 —
Sucre blanc	30 —
Savon sec	25 —
Rouge indien	10 —
Encre de Chine	8 —
Alizarine	6 —

La mixtion est maintenue à la température de 35° par un bain-marie abondant. La feuille de papier effleure la surface du liquide, en entraîne par capillarité une faible épaisseur, et passe de là sur un grand rouleau de fonte creux, dont l'intérieur est parcouru par un courant d'eau fraîche qui fige la gélatine. Le papier arrive ensuite sur une table horizontale, où on le coupe en feuilles qui sont portées au séchoir, dans lequel un ventilateur amène de l'air sec et froid en grande abondance.

Le papier au charbon se conserve facilement, tant qu'il n'est pas sensibilisé. Il convient cependant de le préserver de l'humidité, qui altérerait la gélatine, diminuerait la sensibilité et donnerait des images sans vigueur. Dans un endroit sec, on peut le garder indéfiniment.

Sensibilisation. — Le bichromate de potasse étant peu soluble,

il est bon de le pulvériser avant de le faire dissoudre. La proportion à employer varie suivant la température et l'opacité des clichés. Pour des phototypes de densité moyenne, on emploiera, en hiver, 3 grammes de bichromate pour 100 cc. d'eau ; en été, on n'en prendra que 2 gr. Si les phototypes sont durs, on portera la dose de bichromate à 4 gr. en été et 5 gr. en hiver, tandis que s'ils sont très doux, on la réduira à 1 ou 1,5 pour 100.

Bien que la gélatine bichromatée ne soit sensible qu'à l'état sec, il vaut mieux ne procéder à la sensibilisation que dans une pièce modérément éclairée, soit par la lumière diurne, soit au moyen d'une lampe à gaz ou au pétrole. Le papier est généralement sensibilisé la veille de l'emploi.

La solution de bichromate ne doit pas servir à sensibiliser un trop grand nombre de feuilles. Comme le bichromate a bien moins de valeur que le papier au charbon, il ne faut pas compromettre le succès des opérations par une économie insignifiante. Même si le bain sert très peu, il faut le renouveler tous les 8 jours, surtout en été. Quand le bain n'est pas renouvelé à temps, les épreuves sont grises, sans vigueur dans les noirs. De plus, le papier sensibilisé dans un bain trop vieux s'insolubilise parfois spontanément, surtout en été, ou n'adhère pas au transfert.

Au moment de la sensibilisation, la température du bain ne doit pas dépasser 15°. En été, il sera donc nécessaire de le faire refroidir en trempant le flacon qui le contient dans de l'eau fraîche ou en y ajoutant un peu de glace.

La solution est versée dans une cuvette en verre ou en porcelaine. Avant d'y plonger le papier au charbon, il faut l'épousseter avec soin. Si la gélatine est couverte de duvet provenant de l'envers de la feuille avec laquelle elle se trouvait en contact, il est indispensable de frotter la surface avec une brosse. Le papier est ensuite mis dans la cuvette, la gélatine en dessus. Comme il a une tendance à se rouler et que la surface gélatinée repousse d'abord le liquide, on agitera la cuvette et on forcera le papier à rester immergé, en y appuyant une baguette de verre ou un doigt recouvert de caoutchouc.

Il ne faut jamais tremper les mains nues dans la dissolution de bichromate ; on doit même éviter de toucher le papier lorsqu'il en

est imprégné, surtout si l'on a des coupures : le bichromate envenimerait les plaies et les empêcherait de se cicatriser. Si toutefois les circonstances font qu'il ne soit pas possible d'éviter le contact de la solution bichromatée, les érosions qui pourraient en résulter seront pansées avec la pommade suivante :

Chlorhydrate de morphine	0 gr. 10
Pommade iodurée............................	30 —

Si l'on remarque des bulles d'air sur la gélatine, on les chassera à l'aide d'une éponge douce ou d'un large pinceau, car ces bulles, empêchant le liquide de mouiller la couche, se traduiraient par autant de points blancs sur l'image. Au bout de 2 à 3 minutes d'immersion, le papier sorti de la cuvette est placé, gélatine en dessous, sur une glace bien propre, et l'on enlève l'excès de liquide





Fig. 96. — Raclette.

en passant légèrement, dans tous le sens, une raclette de caoutchouc. Cet outil (fig. 96), dont on se sert à chaque instant dans le procédé au charbon, consiste en une lame de caoutchouc montée entre deux lames de bois.

La feuille ainsi essorée est alors suspendue par une pince à une corde tendue dans une pièce obscure. La dessiccation ne doit être ni trop rapide ni trop lente. Si l'on sensibilise le papier le soir, il doit être sec le lendemain matin. Un séchage trop lent amène le coulage de la gélatine; trop rapide, il en provoque la *réticulation*, c'est-à-dire que la surface de la gélatine se trouve couverte, après le dépouillement, d'un réseau de petites rides enchevêtrées.

Si le papier est laissé dans un endroit très sec, il devient dur et cassant; mais il suffit de le placer pendant quelques minutes dans un endroit humide, pour qu'il redevienne flexible.

Conservation du papier sensibilisé. — La gélatine bichromatée devient peu à peu insoluble, même dans l'obscurité, si bien qu'au bout de 6 à 8 jours environ le papier au charbon sensibilisé est généralement hors de service. Néanmoins, on arrive à le conserver pendant 3 mois et même davantage, en le plaçant dans des boîtes en fer-blanc parfaitement étanches et contenant une substance desséchante, telle que le chlorure de calcium. Mais nous avons vu avec quelle précaution il faut manier le papier très sec, qui est dur et cassant. Le mieux est d'employer le papier fraîchement sensibilisé.

La transformation que subit la gélatine bichromatée est d'ailleurs utilisée pour tirer parti de certains clichés. Les clichés faibles donneront les meilleurs résultats avec un papier sensibilisé la veille; mais, avec les clichés très durs, il vaut mieux employer un papier sensibilisé depuis deux ou trois jours.

Tirage. — Les bords du phototype doivent être masqués, sur une largeur de 2 ou 3 millimètres au moins, soit en y collant des bandes de papier noir, soit en y appliquant au pinceau une couleur opaque, afin que la gélatine bichromatée reste soluble sur le pourtour de l'épreuve : sans cette précaution, elle adhérerait mal au transfert.

Le papier sensible est mis en contact avec le phototype, gélatine contre gélatine, et exposé à la lumière dans le châssis-presse, de la même manière que les papiers aux sels d'argent. La coloration de la couche ne permet pas de surveiller la venue de l'image. La rapidité du papier noir est à peu près la même que celle des papiers au citrate; les papiers bleus s'impriment plus rapidement, les papiers rouges plus lentement. La durée exacte de l'insolation est ordinairement déterminée photométriquement, par exemple à l'aide de l'impressimètre de Wynne (fig. 92). On peut d'ailleurs se passer de tout instrument spécial, en procédant de la façon suivante. Un papier recouvert de gélatine incolore, tel que le papier transfert dont nous parlerons plus loin, est sensibilisé en même temps que le papier au charbon et dans le même bain. Ce papier est exposé, en même temps que l'autre, sous un cliché de même valeur que celui dont on tire une épreuve au charbon. Dès que l'image qui se dessine en brun sur le fond jaune du papier accuse

très légèrement tous les détails du négatif, on peut considérer comme suffisante l'impression du papier mixtionné. Il faut tenir compte cependant de la couleur de la mixtion et abréger le tirage si elle est bleue, le prolonger au contraire si elle est rouge. Le tirage doit s'effectuer autant que possible à l'ombre, la chaleur solaire risquant d'insolubiliser la gélatine même sous les parties opaques du phototype.

Il est essentiel de tenir compte de ce fait que l'impression du papier au charbon continue même après que l'action de la lumière a cessé. Cette action est lente, à basse température, mais la chaleur l'accélère; aussi l'insolubilisation dans l'obscurité est-elle plus rapide en été qu'en hiver. Cependant, le dépouillement peut être différé, si le papier imprimé est conservé à l'état absolument sec dans des étuis à chlorure de calcium. L'insolubilisation s'arrête également quand le papier est plongé dans l'eau. A partir de ce moment, les manipulations diffèrent, suivant que l'on procède par *simple transfert* ou par *double transfert*. Dans le premier cas, l'opération est beaucoup plus simple que dans le second, mais l'image est inversée, et c'est afin de la replacer dans son véritable sens qu'il est souvent nécessaire de recourir au procédé le plus long. Toutefois, même dans ce cas, les manipulations, qui semblent compliquées si l'on en juge par les détails qui vont suivre, sont, dans la pratique, assez rapides et ne consistent qu'en quelques tours de main qu'il faut connaître, mais que l'on acquiert très facilement.

Transfert simple. — Le papier dit de simple transfert est vendu prêt à l'emploi, soit en rouleaux, soit en feuilles. C'est un papier recouvert d'une couche de gélatine incolore insolubilisée dans l'alun de chrome. Quand on veut effectuer un transfert, on en découpe un morceau un peu plus grand que le papier au charbon auquel il va être accolé, et on le trempe dans l'eau froide. Il faut l'y laisser au moins 2 ou 3 minutes, et il n'y a point d'inconvénient à prolonger cette immersion beaucoup plus longtemps.

Le papier au charbon qui vient de recevoir l'impression lumineuse est également plongé dans l'eau froide, seulement la durée de son immersion est strictement limitée. De plus, il faut n'y procéder qu'à une faible lumière, car la gélatine bichromatée conserve

sa sensibilité tant qu'elle n'est pas entièrement imprégnée d'eau. La température de l'eau employée est également très importante et ne doit pas dépasser 15 degrés. Si elle est plus chaude, l'image sera presque à coup sûr réticulée.

Le papier au charbon doit rester dans l'eau de 30 à 60 secondes environ. S'il y séjourne trop peu de temps, une foule de petites bulles d'air s'interposent, pendant le transfert, entre les deux papiers, parce que la gélatine, continuant à se gonfler, aspire l'air à travers les pores du papier. Ces bulles se traduisent, au dépouillement, par autant de points blancs. Si, au contraire, le papier mixtionné est laissé trop longtemps dans l'eau, il n'adhérera plus au transfert. Comme la durée d'immersion la plus convenable dépend de l'état de la couche impressionnée et de la température, le plus sûr est d'observer les mouvements du papier mixtionné.

Ce papier étant plongé dans une cuvette pleine d'eau fraîche, la gélatine d'abord en dessous, puis en dessus, on le remue et on presse à la surface une éponge ou un pinceau, afin de chasser les bulles d'air. Le papier se recroqueville d'abord en dedans, puis il devient plan, et c'est à ce moment précis, sans attendre qu'il se recroqueville en dehors, qu'il faut l'appliquer sur le papier transfert. Le mieux est d'introduire ce papier dans la cuvette contenant le papier mixtionné et de mettre les deux couches de gélatine en contact sous l'eau. On évite ainsi plus facilement l'interposition de bulles d'air.

Les deux papiers se trouvant ainsi accolés, on les sort de la cuvette, on les pose sur une glace, le papier impressionné en dessus, et, les maintenant de la main gauche, on saisit de la main droite la raclette, que l'on frotte sur le papier au charbon, d'abord légèrement, puis très fortement, en allant toujours du centre vers les bords, jusqu'à ce que les deux papiers soient devenus bien plans. On passe ensuite une éponge, pour enlever l'excès d'eau, surtout sur les bords. Sans cette précaution, la pellicule mixtionnée risquerait de se détacher.

Le dépouillement peut être effectué 10 minutes après le transfert, mais pas avant, sinon la pellicule impressionnée risquerait de se séparer de son support. Si l'on a plusieurs épreuves à dépouiller, on les mettra à plat les unes sur les autres, afin d'éviter qu'elles sèchent.

Dépouillement. — Cette opération s'effectue en pleine lumière, car la gélatine mouillée a perdu sa sensibilité, et il s'agit maintenant de bien surveiller l'image.

Dans une cuvette en tôle émaillée, on verse de l'eau tiède (30° environ) en quantité suffisante pour qu'il y en ait une couche de 2 centimètres d'épaisseur. On y plonge les deux papiers accolés, le transfert en dessous et le papier mixtionné en dessus. On agite la cuvette, et, au bout de quelques instants, on voit les bords de la couche pigmentée se gonfler, puis laisser couler des veines colorées. Quand les angles commencent à se soulever, on maintient de la main gauche les papiers au fond de la cuvette, et, saisissant par un de ses angles le papier au charbon entre le pouce et l'index de la main droite, on le soulève avec précaution et on le détache lentement du papier transfert. Le papier au charbon ainsi séparé montre généralement une vague image négative, mais il n'est plus d'aucun usage, et il n'y a qu'à le jeter.

Le papier transfert laisse maintenant apercevoir l'image positive, mais très confusément, car il reste encore un excès de gélatine mixtionnée qu'il faut éliminer. On ajoute donc de l'eau plus chaude, de façon à porter le mélange à la température de 40° environ. On voit alors l'image s'éclaircir et devenir de plus en plus pure. Si le dépouillement est trop lent, on l'active en projetant l'eau chaude avec la main sur les endroits qui tardent à se montrer. On reconnaît que le dépouillement est terminé quand, soulevant l'épreuve hors de l'eau et la laissant un instant égoutter, aucune trace de matière colorante n'apparaît plus au coin inférieur du papier.

Quand l'exposition a duré juste le temps voulu, le dépouillement s'accomplit en 5 minutes environ. Quand elle a été trop prolongée, l'image se dépouille très difficilement : on y remédie quelquefois en élevant la température de l'eau à 45° et même à 50°, mais cet expédient n'est pas sans danger, car il provoque souvent des réticulations. Il est préférable de ne pas dépasser 42° ou 43° et d'additionner l'eau d'un carbonate alcalin ou de sulfite de soude, à raison de 1 ou 2 grammes par litre. Quand l'exposition a été trop courte, l'image se dépouille rapidement, mais manque de vigueur et d'éclat.

Après le dépouillement, il est utile de passer l'épreuve pendant 10 minutes dans une solution d'alun à 5 pour 100. L'alun durcit la gélatine dont est formée l'image, rend la couche non collante, ce qui rend plus facile le montage à la colle d'amidon, et, comme le bichromate est très soluble dans l'alun, les dernières traces en sont très rapidement éliminées. On rince ensuite l'épreuve dans de l'eau propre, et on la suspend par une pince pour la laisser sécher.

Double transfert. — Dans ce procédé, l'image est dépouillée sur un support provisoire, constitué par une feuille de papier spécial, appelé *support flexible,* ou sur une plaque de verre cirée.

Le support flexible est préparé à l'aide du papier à simple transfert, dont la couche de gélatine est recouverte d'un vernis à la cire. Pour préparer ce vernis, on fait dissoudre 1 gr. de cire jaune dans 100 cc. de benzine. On en imbibe un tampon de flanelle dont on frotte légèrement le papier.

Au moment d'effectuer le premier transfert, on immerge le support flexible dans l'eau, et, quand il s'y est bien détendu, on le pose sur une glace, le côté ciré en dessus. On immerge, d'autre part, le papier au charbon impressionné, en prenant les précautions indiquées pour le simple transfert, c'est-à-dire en opérant à une lumière peu intense et en arrêtant l'immersion au bout d'une minute, au moment où le papier est redevenu plan. On le pose alors sur le support flexible, le côté gélatiné en contact avec la surface cirée; on met par dessus une toile caoutchoutée, et on passe la raclette de manière à chasser les bulles d'air. On enlève enfin l'excès d'eau avec une éponge, surtout près des bords.

Le dépouillement ne doit pas être effectué moins de 10 minutes après cette opération; il n'y a d'ailleurs aucun inconvénient à n'y procéder qu'une heure plus tard. Il y a même avantage à le faire : les demi-teintes sont mieux conservées. Le dépouillement s'exécute de la même manière que s'il s'agissait d'un simple transfert. L'épreuve une fois dépouillée est passée au bain d'alun et lavée. On peut ensuite procéder au second transfert ou laisser sécher, si l'on préfère remettre à plus tard la suite des opérations.

Le papier dit *double transfert* qui va servir de support définitif à l'image est livré prêt à l'emploi. C'est un papier recouvert d'une

couche de gélatine rendue seulement à moitié insoluble par l'alun de chrome. Quand il est de préparation récente, la gélatine qui le recouvre se ramollit dans l'eau tiède (35° environ). Mais, à la longue, la gélatine s'insolubilise de plus en plus. Il faut alors, pour la rendre collante, de l'eau de plus en plus chaude et même y ajouter quelques gouttes d'ammoniaque.

Pour procéder au second transfert, on coupe ce papier à la dimension voulue, on le fait détendre dans l'eau froide, puis on le plonge dans l'eau chaude (de 30° à 60°, selon l'état de la gélatine), jusqu'à ce qu'il soit complètement ramolli. Il ne faut pas cependant que l'eau soit trop chaude, car la gélatine risquerait de couler. En même temps, si le support flexible sur lequel est l'image avait été mis à sécher antérieurement, il faut le faire détendre un instant dans l'eau. On applique alors les deux papiers l'un sur l'autre, la gélatine du double transfert contre l'image; on passe la raclette pour assurer l'adhérence et chasser les bulles d'air, on éponge et on laisse sécher.

Quand la dessiccation est achevée, on introduit entre les deux papiers, à l'un des angles, la lame d'un canif, puis, saisissant chacune des feuilles par leur angle ainsi rendu libre, on les sépare facilement : l'image a abandonné le support provisoire et se trouve maintenant sur son support définitif.

La surface de l'épreuve ainsi obtenue est légèrement brillante, comme celle du papier albuminé avant le satinage. Pour avoir des images tout à fait mates ou, au contraire, très brillantes, il faut effectuer le transfert provisoire, non plus sur le support flexible, mais sur une plaque de verre ou de métal. Si le support rigide est dépoli ou rugueux, l'épreuve sera mate; s'il est poli, elle sera brillante.

C'est ordinairement le verre, poli ou dépoli, qui sert de support temporaire. On commence par le frotter avec un tampon de flanelle imbibée d'une solution de cire dans la benzine ou du mélange suivant :

Essence de térébenthine	100 cc.
Cire jaune	2 gr.
Colophane	2 —

Pour effectuer le premier transfert, on mouille le papier au char-

bon pendant une minute, comme nous l'avons expliqué, on l'applique par le côté gélatiné sur le verre ciré, on passe la raclette et on éponge, de même que dans les procédés précédents. Au bout de 10 minutes, on peut commencer le dépouillement.

Après le passage dans l'alun, suivi d'un lavage à grande eau, l'image provisoirement transférée sur verre est mise à sécher. Si l'on procédait au second transfert avant dessiccation, tous les reliefs de la gélatine seraient écrasés, et l'image manquerait de finesse. Toutefois, si l'on est pressé, on n'a qu'à immerger la plaque dans l'alcool, qui absorbe l'eau et abaisse les reliefs.

Le second transfert s'exécute ensuite comme avec le support flexible. Le papier double transfert, d'abord mouillé dans l'eau froide, est plongé dans l'eau chaude, qui ramollit la gélatine en quelques secondes. En même temps, on plonge un instant la plaque dans l'eau froide, de manière que la gélatine qui contient l'image soit légèrement mouillée. On met ensuite le papier gélatiné en contact avec l'image, on passe la raclette, on éponge et on fait sécher.

Pour séparer le papier du verre, après dessiccation, il n'y a qu'à inciser les bords : si la surface du support provisoire a été bien cirée, l'épreuve s'en détachera très facilement.

Le repiquage de l'épreuve doit être exécuté avant son application sur le papier à double transfert. On emploie pour cet usage le pinceau ou l'estompe. Dans le premier cas, la retouche est faite avec des couleurs à l'huile; dans le second, avec des couleurs sèches réduites en poudre impalpable. L'immersion dans l'eau, pour l'opération du second transfert, n'enlève pas le repiquage ainsi pratiqué. De plus, l'épreuve reste parfaitement brillante, si on l'a voulue telle. Si l'on préfère une surface mate, le repiquage pourra être exécuté sur l'épreuve entièrement finie.

Insuccès. — *Manque d'adhérence du papier au charbon avec le simple transfert.* — L'immersion dans la première eau a été trop prolongée, ou bien le dépouillement dans l'eau chaude a eu lieu trop tôt après la mise en contact des deux papiers.

Bulles au dépouillement. — La raclette n'a pas été passée avec le soin voulu, et des bulles d'air ou même des particules solides sont restées interposées entre la gélatine mixtionnée et le papier trans-

fert. Cet accident est encore aggravé par l'emploi d'une eau trop chaude.

Taches foncées ou empâtements. — Des gouttes d'eau sont tombées sur le papier au charbon, après l'application sur le papier transfert et avant le dépouillement. Cet accident se produit surtout en été.

Taches brillantes sur papier rugueux. — Contact imparfait au transfert. On peut y remédier en immergeant l'épreuve dans de l'eau chaude pendant une demi-heure, ou plutôt jusqu'à ce que toute la couche gélatineuse soit bien ramollie. On la place ensuite dans l'eau froide pour procéder au montage habituel. On peut aussi supprimer le lustre des épreuves sèches et montées, en les trempant dans l'eau chaude et en les frottant très délicatement avec un morceau de flanelle bien humectée.

Réticulation. — On désigne sous ce terme une sorte de filet à mailles noires microscopiques qui semble recouvrir l'image tout entière et qui en altère complètement la finesse. Ce défaut est dû à la température trop élevée de l'eau dans laquelle est trempé le papier mixtionné avant le transfert. On l'évite toujours, si l'on se sert d'une eau très froide et très abondante.

Les causes d'insuccès qui précèdent sont communes aux procédés par simple et par double transfert. Les suivantes sont spéciales au double transfert.

Dissolution de la pellicule mixtionnée au dépouillement. — Le support flexible aura été employé trop tôt après avoir été enduit de cire, ou bien on aura exécuté le dépouillement dans de l'eau trop chaude. Ne pas dépasser 40°.

Pellicule détachée du support. — Séchage trop rapide.

Pellicule déchirée après séchage. — Cirage incomplet du support provisoire, ou dessiccation incomplète.

Procédé au charbon sans transfert. — En réduisant l'épaisseur du pigment, ou en déposant la matière colorante à la surface de la gélatine, on est parvenu à fabriquer des papiers au charbon susceptibles d'être dépouillés directement, sans qu'il soit nécessaire de reporter la couche impressionnée sur un autre support. Les images ainsi obtenues ne sont pas tout à fait aussi fines que celles auxquelles on arrive à l'aide des procédés précédents, mais elles sont d'un très bel effet artistique, avec l'aspect d'une eau-forte ou

d'un vigoureux fusain. De plus, elles se prêtent à l'intervention de l'opérateur, qui parvient, en dépouillant localement certaines parties autrement que les autres, à produire des œuvres très personnelles, à marquer de son empreinte les épreuves qu'il tire de ses clichés, à ajouter, en un mot, son propre talent au travail automatique de l'objectif.

La surface de ces papiers est mate. Le papier Artigue fournit des images veloutées et très fines; le papier Fresson présente, dans les grandes lumières, un reflet satiné. De là les noms de *charbon-velours* et de *charbon-satin* donnés à ces préparations. Ces papiers sont livrés non sensibilisés et se conservent en cet état indéfiniment. Il en existe de toute espèce de teintes.

Sensibilisation. — Cette opération s'effectue en pleine lumière. La feuille de papier est d'abord détendue pendant 2 minutes dans de l'eau fraîche. La température de cette eau, ainsi que celle du bain de sensibilisation, ne doit pas dépasser 18°. On sort le papier à plusieurs reprises de la cuvette, afin de chasser les bulles d'air, et on l'immerge ensuite, pendant 2 minutes, dans une solution de bichromate de potasse à 2 p. 100, qui ne devra servir que pour quelques feuilles. On agite légèrement la cuvette pendant la sensibilisation; on passe ensuite sous un coin du papier une baguette de verre, pour le soulever et le saisir par une pince en bois. On le laisse sécher dans l'obscurité, et, lorsqu'il est sec, le mieux est de l'utiliser le plus tôt possible. On facilite beaucoup la dessiccation en faisant adhérer au dos de l'angle inférieur de chaque feuille un petit morceau de buvard mince.

Tirage. — Le chargement du châssis-presse sera fait rapidement et dans un endroit très peu éclairé, car le papier bichromaté est très sensible. Sous un cliché de moyenne intensité, le temps d'exposition, à l'ombre, vers le milieu d'une belle journée d'été, est approximativement de 2 minutes pour le papier bleu, de 3 minutes pour le papier vert, de 8 minutes pour le papier noir, de 10 minutes pour les papiers brun et bistre, de 12 minutes pour le papier sanguine. Le tirage est généralement poussé jusqu'à ce que les grandes ombres de l'image commencent à être très légèrement visibles par transparence. Cependant, cet état de la couche est déjà l'indice d'un commencement de surexposition.

Dépouillement. — Le papier extrait du châssis-presse est d'abord passé dans l'eau froide, d'où on le sort à plusieurs reprises pour l'immerger ensuite de nouveau, de manière à bien chasser les bulles d'air. A partir de ce moment, la lumière n'a plus d'action sensible, et les manipulations peuvent sans inconvénient se poursuivre au grand jour. On dispose, d'autre part, pour les avoir immédiatement sous la main :

1° Un thermomètre à échelle sur tôle émaillée;

2° Une feuille de verre un peu plus grande que l'épreuve à dépouiller;

3° Une cuvette contenant de l'eau tiède à 26° ou 28° environ;

4° Une large terrine contenant un mélange d'eau et de sciure fine de bois blanc, dans la proportion de 400 gr. de sciure pour 5 litres d'eau, à la température moyenne de 18°;

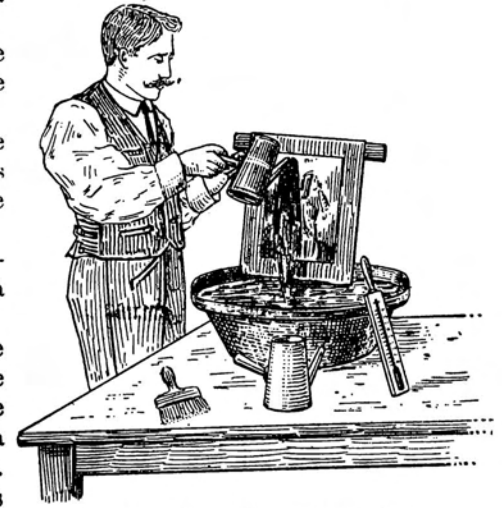


Fig. 97. — Dépouillement à la sciure.

5° Une casserole à bec ou une cafetière.

Après quelques instants d'immersion dans l'eau froide, l'épreuve est plongée pendant 2 minutes dans l'eau à 28° et placée rapidement sur la feuille de verre, la gélatine pigmentée en dessus, puis, tenant le tout dans une position presque verticale au-dessus de la terrine à sciure, ou plonge la casserole dans le mélange et on en arrose l'épreuve vers le haut, en promenant le jet d'un bord à l'autre. Après quelques casserolées de sciure, on projette un peu d'eau sur l'image, afin de mieux la distinguer et se rendre ainsi compte de la manière dont il convient de continuer le dépouillement. Après une exposition de durée normale, l'image se dépouille également

dans toutes ses parties. Il n'y a donc qu'à continuer l'arrosage avec le mélange d'eau et de sciure, après avoir repassé le papier dans l'eau tiède, si les blancs résistent. En dirigeant convenablement l'action mécanique de la sciure, il est facile d'éclaircir ou de négliger telle ou telle partie de l'image. Certains opérateurs proposent même, pour faciliter le traitement local, d'exercer de légères frictions, à l'aide d'un pinceau très souple et dont on peut encore adoucir l'effet, en l'imbibant de glycérine. Il faut toujours dépouiller bien au-dessous de la valeur voulue, car l'image remonte beaucoup en séchant. Cependant, le dépouillement peut être repris après séchage, si on le juge nécessaire.

Quand l'exposition a été trop courte, les ombres se détaillent rapidement, mais les parties claires tendent à rester grises et grenues. Il ne faut alors continuer le dépouillement qu'avec du mélange très clair, en plongeant la casserole près de la surface, où il y a moins de sciure.

Quand l'exposition a été exagérée, le dépouillement est difficile, surtout dans les ombres. On versera alors de plus haut le mélange, puisé au fond du récipient, où il y a plus de sciure. Au besoin, abandonner l'épreuve dans l'eau froide pendant quelques heures, avant de continuer.

Le dépouillement achevé, on plonge l'épreuve dans une solution de bisulfite de soude liquide à 3 ou 4 p. 100. Au bout de 4 ou 5 minutes, quand la coloration jaune due au bichromate aura disparu, on remettra la feuille dans l'eau froide, pour balayer avec un pinceau doux la sciure demeurée adhérente. Après un lavage de quelques minutes, l'épreuve est suspendue pour sécher.

Avant de monter l'épreuve, il faut la laisser tremper dans l'eau pendant 5 minutes, l'égoutter face en dessous sur une feuille de verre, essorer le dos avec un buvard et y étendre de la colle fraîche d'amidon.

Procédé à la gomme bichromatée. — C'est le 7 septembre 1858 que Pouncy exposa, à *The London Photographic Society,* les premières épreuves à la gomme bichromatée. Ces images indélébiles étaient obtenues en recouvrant un papier de gomme arabique additionnée de noir de fumée et de bichromate de potasse. La couche pigmentée, une fois sèche, était impressionnée à la lumière

sous un négatif et dépouillée dans de l'eau froide. En 1859, Heineken proposait la sépia comme matière colorante, dans un procédé analogue. En Amérique, à peu près à la même époque, Charles Scely employait, comme Pouncy, la gomme bichromatée avec du charbon. Ce procédé avait été abandonné, parce qu'on lui reprochait de ne pas reproduire tous les détails du phototype.

Plus tard, vers 1895, après les essais de MM. Rouillé-Ladevèze, Demachy et Maskell, la gomme bichromatée fut reprise, justement pour les motifs qui l'avaient fait délaisser auparavant. Les artistes y avaient su voir un moyen de réaliser ces *sacrifices*, ces effets synthétiques qui, dans beaucoup de cas, sont préférables à la minutie, à la sécheresse des images aux sels d'argent. Ils y avaient aussi reconnu un procédé très souple, se prêtant à l'intervention de l'opérateur, un moyen d'interprétation personnelle. Et, de fait, c'est à ce procédé que l'art photographique doit surtout son essor, et les salons qui se sont succédé dans ces dernières années ont bien montré les ressources de la gomme bichromatée par les belles œuvres qu'elle a permis de produire.

Aujourd'hui, on trouve dans le commerce des papiers recouverts de gomme et de pigment, noir ou de toute autre couleur. Il suffit, pour les sensibiliser, de les plonger dans une solution de bichromate de potasse additionnée d'alcool pour en activer la dessiccation et empêcher le coulage de la couche, qui est très fragile. Mais plusieurs artistes préfèrent encore préparer eux-mêmes leurs papiers. Cette préparation est d'ailleurs très facile et n'exige que quelques ingrédients et outils très peu coûteux.

On prépare d'abord une solution de gomme arabique ordinaire à 50 p. 100, et on la laisse aigrir. La gomme vieillie et acide est moins visqueuse, s'étend plus facilement et fournit une couche plus sensible. On fait ensuite dissoudre du bichromate de potasse, à raison de 1 gr. p. 10 cc. d'eau.

Quant au pigment, comme il est nécessaire qu'il soit parfaitement homogène, le mieux est d'employer des couleurs d'aquarelle en tubes : noir d'ivoire, terre de Sienne, brun Van Dyck, sépia, ocre rouge, indigo, etc.

On choisira pour support du pigment un papier à dessin de bonne qualité et bien encollé. Les papiers les plus faciles à recou-

vrir sont ceux des marques Canson-Montgolfier pour lavis, Rives, Allongé, Michallet et Joynson.

On mêle la couleur avec la gomme et la solution de bichromate, de manière à former une pâte semi-liquide, facile à étendre au pinceau et assez claire pour laisser apercevoir le grain du papier, lorsque la feuille en est couverte. Il est impossible de préciser les proportions de ces éléments, qui varient suivant la nature et la consistance de la couleur.

On se sert d'une brosse en soies de porc et d'un blaireau en forme d'éventail. La brosse sert à étendre le mélange, et le blaireau à égaliser la couche. Cette préparation s'effectue en pleine lumière, car la couche n'est sensible qu'à l'état sec.

La feuille de papier, préalablement détendue dans l'eau, est placée sur une planchette ou sur une glace et épongée. On la badigeonne avec la brosse chargée de la mixture, en donnant un mouvement de va-et-vient. Quand toute la surface est couverte, on continue encore un moment la manœuvre du pinceau, mais en diminuant progressivement la pression, afin d'avoir une couche aussi régulière que possible. On s'arrête dès que la mixture commence à faire prise, et l'on achève de l'égaliser en l'effleurant délicatement avec le blaireau, comme si l'on voulait l'épousseter. On laisse ensuite sécher dans l'obscurité. La couche sèche est plus foncée qu'à l'état humide, et ne laisse plus apercevoir le papier.

L'exposition sous le cliché doit se faire, de préférence, à l'ombre. La chaleur du soleil risquerait de provoquer l'insolubilisation partielle de toute la couche et de donner des images voilées. La durée du tirage varie naturellement suivant l'opacité du cliché, l'éclat de la lumière, l'épaisseur de la couche, la couleur du pigment et la quantité de bichromate. Certaines épreuves n'exigent que 20 minutes d'exposition, tandis que pour d'autres il faut 4 heures. L'image n'est pas visible; cependant, quand la pose a été assez longue, on distingue par transparence une très légère silhouette, mais c'est là un indice de surexposition.

Le dépouillement s'effectue en déposant l'épreuve, la couche en dessous, sur une couche d'eau froide. Si l'exposition a duré juste le temps voulu, la couche se dissout régulièrement, d'abord dans les grandes lumières, puis dans les demi-teintes, et l'image reproduit

fidèlement le modelé du sujet. Le dépouillement dure parfois plusieurs heures. On peut l'activer en ajoutant à l'eau de la sciure très fine et en agitant le tout, mais, dans ce cas, il vaut mieux immerger l'épreuve en laissant la couche au-dessus, afin d'éviter qu'elle ne soit abîmée en frottant le fond de la cuvette.

Si l'opérateur veut modifier le motif qu'il interprète, il procède au *dépouillement local.* A cet effet, l'épreuve mouillée est placée sur une plaque de verre, et la couche est lavée aux endroits que l'on veut éclaircir par des affusions d'eau froide ou tiède. Ce travail est effectué en plein jour, la couche n'ayant aucune sensibilité une fois mouillée. Le dépouillement local s'exécute aussi en frottant légèrement la surface avec un pinceau très doux ou une touffe de coton imbibé d'eau. Mais il faut alors que l'exposition ait été suffisamment prolongée. Après un tirage de durée normale, la couche est si fragile que même une goutte d'eau accidentellement tombée sur une demi-teinte suffit à la faire immédiatement disparaître.

La retouche en blanc se fait avec un pinceau fin que l'on applique sur l'épreuve placée dans l'eau, au fond d'une cuvette. Pour la retouche en noir, il est préférable d'attendre que la couche soit sèche : cette retouche s'exécute avec les couleurs qui ont servi à préparer la mixtion.

Quand l'épreuve a séjourné assez longtemps dans l'eau, il n'y a plus qu'à la laisser sécher. Si le dépouillement a été rapide et si l'on craint qu'un peu de bichromate ne soit resté dans le pigment gommé ou dans la pâte du papier, on l'éliminera en plongeant l'épreuve, pendant quelques instants, dans une solution de bisulfite de soude à 10 p. 100. Après un lavage fait avec précaution, de manière à ne pas endommager l'image, qui est très fragile, on laisse sécher l'épreuve sur une feuille de verre légèrement inclinée.

Procédé ozotype. — Le 28 mars 1899, M. Manly faisait connaître à la *Royal Photographic Society* un procédé pigmentaire qui supprimait deux inconvénients du procédé au charbon : impossibilité de contrôler directement l'impression de l'image et nécessité d'un double transfert pour obtenir d'un phototype ordinaire une image non inversée.

Une feuille de papier ordinaire (du papier à lettres, par exemple) est sensibilisée dans :

Eau	100 cc.
Sulfate de manganèse	14 gr.
Bichromate de potasse	7 —

Si le papier n'est pas suffisamment encollé, on ajoutera à 6 cc. de cette solution 1 à 2 cc. d'une solution de gélatine à 2 p. 100. Le mélange est étendu sur la feuille à l'aide d'un pinceau souple. L'opération s'effectue à la lumière artificielle et à la température de 17° environ. On fait ensuite sécher dans l'obscurité.

Une fois sec, le papier sensible est exposé à la lumière, sous un phototype, dans un châssis-presse. L'impression est facile à contrôler, car l'image positive, quoique faible, est nettement visible et se détache en brun sur le fond jaune du papier bichromaté. On arrête le tirage avant que tous les détails se soient montrés, puis on lave le papier à l'eau froide, afin d'éliminer le bichromate non impressionné. Ce lavage ne doit pas durer plus de 10 minutes; un séjour prolongé dans l'eau aurait pour effet d'affaiblir l'épreuve.

On a ainsi l'image *primaire,* qui va servir à fixer le pigment. On peut la pigmenter dès la fin du lavage ou la laisser sécher pour continuer l'opération un autre jour. Elle se conserve indéfiniment.

Quand le moment est venu de pigmenter l'image primaire, il faut d'abord la faire détendre dans l'eau pendant une ou deux minutes, si on l'avait laissée sécher. On prend alors une feuille de papier au charbon ordinaire et on la plonge dans un bain dont la composition varie suivant l'effet à réaliser :

	CLICHÉ DOUX	CLICHÉ NORMAL	CLICHÉ HEURTÉ
Eau	1.000 cc.	1.000 cc.	1.000 cc.
Acide acétique cristallisable	3 gr.	4 gr.	5 gr.
Hydroquinone	1 —	1 —	1 —
Sulfate de cuivre	1 —	1 —	1 —

La solution est versée dans une cuvette en verre ou en porcelaine légèrement chauffée au bain-marie. Si l'épreuve primaire a été tirée sur papier lisse, la température de la solution sera maintenue

à 21° ou 22°; si le tirage a été exécuté sur papier rugueux, on poussera le chauffage jusqu'à 25° ou 26°, mais jamais davantage.

La durée d'immersion du papier pigmenté varie suivant l'état de l'image primaire : si le tirage a été prolongé de manière que tous les détails soient visibles, il y a surexposition, et alors l'immersion doit être réduite à 30 ou 40 secondes. Si, au contraire, l'impression paraît faible, on prolongera l'imbibition jusqu'à 2 minutes. Pour une épreuve normalement tirée, le papier séjournera environ 1 minute dans la solution acétique.

Le papier mixtionné est plongé dans le bain, la gélatine d'abord en dessous; puis on le retourne, on chasse les bulles d'air à l'aide d'un pinceau, et on laisse l'imbibition continuer le temps que l'on a jugé nécessaire. On plonge alors dans la même cuvette l'épreuve primaire, on met l'image en contact avec la gélatine colorée et on sort les deux papiers accolés, que l'on pose sur une glace. On passe la raclette pour assurer l'adhérence et chasser les bulles d'air, on éponge avec soin l'excès d'eau, principalement sur les bords, et on laisse le tout entre deux feuilles de papier buvard sous une légère pression, par exemple celle d'un gros livre. Si l'on a plusieurs épreuves à traiter, on les superposera, et on laissera le contact se prolonger pendant 2 ou 3 heures, avant de procéder au dépouillement. Si cette opération devait être différée plus longtemps, il serait nécessaire de laisser sécher les papiers librement, en suspendant les épreuves, après 3 heures de contact. Quand le moment sera venu de les dépouiller, il faudra alors les laisser préalablement dans l'eau froide, pendant 15 ou 20 minutes en été, et une demi-heure en hiver.

Le dépouillement s'effectue dans l'eau chaude, à 40° ou 42°, de la même manière que pour le procédé au charbon. On durcit ensuite la gélatine, en l'immergeant pendant 5 minutes dans une solution d'alun à 7 p. 100, et, après un lavage à l'eau froide, il n'y a plus qu'à laisser sécher. On a ainsi une épreuve au charbon non inversée, sans être obligé de recourir aux manipulations délicates et fastidieuses du double transfert. Toutefois, les images obtenues par ozotypie sont moins fines, moins exactement détaillées que celles qu'on obtient par l'impression directe du papier mixtionné.

Il nous reste à expliquer pourquoi le nom d'*ozotypie* a été donné

au procédé de M. Manly. L'inventeur supposait que, sous l'action de la lumière, le bichromate de potasse perdait une partie de son oxygène, qui venait alors se fixer sur le protoxyde de manganèse du sulfate, pour former un peroxyde. Sous l'action de l'acide acétique imprégnant la mixtion gélatineuse, ce peroxyde reformait un nouveau sel de protoxyde, et l'oxygène dégagé se fixait sur la gélatine, en l'insolubilisant. L'oxygène ainsi mis en liberté sous l'influence de l'acide acétique était considéré par M. Manly comme se trouvant à l'état d'*ozone*. De là le nom donné au procédé.

La théorie qui vient d'être résumée a d'ailleurs été contestée. M. Haddon a montré que l'action de la lumière sur le mélange de bichromate de potasse et de sulfate de manganèse n'a pas pour effet de produire un peroxyde, mais bien de former un chromate neutre de potasse et un chromate de manganèse. Sous l'action de l'acide acétique, ce chromate de manganèse perd son acide chromique, qui agit alors sur la gélatine, en la rendant insoluble.

En 1904, le baron von Hübl a découvert de nouvelles réactions qui ont rendu le procédé plus rapide, en abrégeant le contact des deux papiers. Le bain sensibilisateur de l'image primaire reste le même, mais le bain à l'acide acétique et à l'hydroquinone dans lequel devait être plongé le papier mixtionné est remplacé par l'une des combinaisons suivantes, d'après la nature du cliché :

	IMAGE A CONTRASTES	IMAGE NORMALE	IMAGE DOUCE
Eau	1.000 cc.	1.000 cc.	1.000 cc.
Acide chlorhydrique	2 gr.	2 gr.	2 gr.
Sulfate de fer	2gr,5	3gr,5	4gr,5

L'épreuve primaire étant bien détendue dans l'eau pure, le papier mixtionné est plongé dans le bain acide, mais ne doit y séjourner que 30 secondes. Au bout de 25 secondes, on introduit dans ce même bain l'image primaire et on l'applique contre le papier gélatiné, en opérant rapidement, puisqu'on ne dispose plus que de 5 secondes. Les deux papiers accolés sont mis sous presse entre deux buvards, et le dépouillement peut commencer une demi-heure

après. En ajoutant aux bains une petite quantité de chlorure d'ammonium, on augmente beaucoup les contrastes.

Ozotypie à la gomme. — Le procédé à la gomme bichromatée présente, comme le procédé au charbon, l'inconvénient de laisser l'opérateur dans l'incertitude sur la durée exacte qu'il convient de laisser à l'impression, l'image étant souvent invisible à travers la couche colorée. Il n'en est pas de même avec l'ozotypie.

L'image primaire est préparée de la même manière que s'il s'agissait d'une ozotypie au charbon. L'épreuve primaire, étant exécutée comme nous l'avons expliqué dans le paragraphe précédent, est recouverte du pigment gommé, que l'on prépare en mélangeant :

A.	Eau	100 gr.
	Gomme arabique	40 gr.
	Couleur d'aquarelle	1 à 2 gr.
B.	Eau	100 cc.
	Sulfate de cuivre	20 gr.
C.	Eau	100 cc.
	Alun de chrome	10 gr.

A 30 cc. de la solution A, on ajoute 4 cc. de la solution B et 1 cc. de la solution C. Ce mélange est étendu sur l'épreuve primaire comme s'il s'agissait de préparer un papier à la gomme bichromatée, mais le plus rapidement possible, d'abord avec la brosse en soies de porc, puis avec le blaireau en éventail pour achever d'égaliser la couche. On laisse sécher dans l'obscurité et on dépouille dans l'eau froide. Les retouches locales, s'il y a lieu, s'exécutent comme dans le procédé à la gomme bichromatée. Si l'eau froide ne suffit pas pour dépouiller le pigment, on en élèvera peu à peu la température.

Les solutions B et C peuvent être remplacées par :

D.	Eau	30 cc.
	Acide acétique cristallisable	2 —
	Hydroquinone	1 gr.
	Sulfate de fer	0gr,5 à 5 gr.

Dans ce cas, on ajoute 1 partie de la solution D à 10 parties de la solution de gomme pigmentée A.

Procédé ozobrome. — Malgré ses avantages indéniables, l'ozotypie n'a pas obtenu tout le succès qui lui paraissait d'abord assuré.

Il est vrai que ses résultats n'ont pas la perfection et la finesse des épreuves au charbon par transfert, car il se produit toujours une certaine diffusion, qui se fait surtout remarquer dans les menus détails. Il est vrai aussi que l'ozotypie laissait subsister quelques inconvénients communs, jusqu'à ces derniers temps, à tous les procédés pigmentaires : le papier ozotype, de même que le papier à la gomme bichromatée et les papiers au charbon, avec ou sans transfert, doit être sensibilisé la veille de l'emploi et ne se conserve plus en cet état, d'où l'obligation, pour l'amateur, de procéder à cette préparation au fur et à mesure de ses besoins et de courir le risque de subir une perte sèche si le mauvais temps ou des occupations imprévues viennent à l'empêcher de mettre à exécution ses projets de tirage. Enfin, les papiers sensibilisés au bichromate sont relativement lents. Quoique plus sensibles que le papier au chlorure d'argent, ils ne le sont pas suffisamment pour se prêter aux tirages à la lumière artificielle et surtout aux agrandissements qui sont d'un si bel effet, exécutés par des procédés pigmentaires. Ces difficultés ont été heureusement résolues, en substituant à l'action réductrice de la lumière le pouvoir également réducteur de l'argent très divisé qui constitue les images au gélatinobromure.

En 1881, M. Louis Warnecke avait fait breveter un procédé dans lequel il utilisait l'insolubilisation que le révélateur à l'acide pyrogallique fait subir à la gélatine en contact avec l'argent réduit. Un pigment coloré était incorporé à une émulsion au gélatinobromure, et l'épreuve impressionnée, puis développée au pyrogallol, était dépouillée dans l'eau chaude. L'impossibilité de suivre le développement de la couche opaque fit abandonner cette combinaison, où quelques auteurs ont voulu voir, à tort semble-t-il, le germe de la méthode inventée, en 1906, par M. Manly, qui lui donna le nom de procédé *ozobrome.*

Le positif est d'abord tiré sur papier au gélatinobromure ordinaire et développé comme d'habitude. On l'applique ensuite contre une feuille de papier au charbon imbibée d'une solution spéciale; on chasse les bulles d'air à coups de raclette, et, au bout de 30 ou 40 minutes de contact, on procède au dépouillement dans l'eau chaude. Si l'image pigmentaire est dépouillée lorsqu'elle

adhère encore au positif primaire, elle se superpose à ce dernier, que l'on peut effacer à l'aide du persulfate d'ammoniaque ou du réducteur de Farmer. Mais on peut aussi détacher la couche pigmentée du positif au bromure et l'appliquer sur une feuille de papier gélatiné de simple transfert.

Ce procédé est basé sur une réaction dont les éléments n'ont pas été divulgués par la C[ie] Ozotype, mais qu'il est cependant facile de deviner. En effet, une maison allemande faisait breveter, en 1904, un procédé analogue, qui d'ailleurs n'a pas été mis dans le commerce, et dans lequel l'insolubilisation de la mixtion colorée résultait de l'action produite sur la gélatine par un ferricyanure double réduit en présence de l'argent divisé de l'image primaire au gélatinobromure. Sur ces données, M. H. Quentin est parvenu à reconstituer, sinon les formules mêmes de M. Manly, du moins une méthode qui conduit à des résultats équivalents.

Le papier au charbon est plongé, pendant 2 minutes environ, dans :

Solution de bichromate de potasse à 10 pour 100.....	25 cc.
— de ferricyanure de potassium à 10 pour 100..	50 —
— de bromure de potassium à 10 pour 100.....	10 —

En augmentant la dose de bichromate, on obtient des images plus douces. En diluant le bain, la réaction est plus lente, mais les résultats n'en sont pas modifiés. Une très faible quantité d'alun ajoutée à la solution rend le dépouillement moins délicat.

Le papier mixtionné ainsi imbibé est appliqué sur l'épreuve au gélatinobromure préalablement développée, fixée, durcie dans une solution de formol à 10 p. 100 et lavée. Les deux gélatines une fois en contact, on passe la raclette et on éponge, avec les mêmes précautions que dans le procédé au charbon.

Après une demi-heure de contact, on sépare les deux papiers et on les lave abondamment. Le papier mixtionné est reporté sur une feuille de papier pour simple transfert, après quoi le dépouillement s'effectue absolument comme s'il s'agissait d'une épreuve au charbon ordinaire.

On comprend facilement que l'image obtenue dans ces conditions n'est pas inversée : elle se présente dans son vrai sens, bien qu'elle n'ait subi qu'un seul transfert, parce qu'elle a été imprimée contre le positif, et non pas sous le cliché.

Au premier abord, ce transfert semble rendre l'ozobromie un peu plus compliquée que l'ozotypie, qui n'en exige aucun. En réalité, il en est tout autrement, car le plus précieux avantage de la nouvelle méthode est le suivant.

Quand on la sépare du papier pigmenté, l'épreuve primaire au gélatinobromure d'argent n'est presque plus visible : au lieu des noirs les plus vigoureux, on n'y remarque plus que des ombres d'un brun pâle. Mais il suffit de la soumettre à l'action d'un révélateur quelconque, pour qu'elle reprenne, en même temps que son aspect primitif, ses propriétés réductrices et insolubilisantes. En sorte que cette épreuve-type, soigneusement lavée pour qu'il n'y reste aucune trace du révélateur qui vient de la régénérer, est susceptible de créer de nouvelles images pigmentaires, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir à nouveau l'action de la lumière, et le cliché négatif ne joue plus aucun rôle dans la suite du tirage, qui peut être continué dans les mêmes conditions, autant de fois qu'il le faut.

Si l'on en excepte le premier développement du positif au gélatinobromure, toutes les opérations qui viennent d'être énumérées peuvent s'effectuer, sans aucun inconvénient, soit à la clarté d'une lampe ordinaire, soit à la lumière diffuse du jour.

Procédé aux encres grasses. — M. Rawlins a fait connaître, en 1904, sous le nom de procédé *à l'huile*, une méthode particulièrement avantageuse pour obtenir des images photographiques indélébiles, de couleur quelconque, et permettant à l'opérateur de donner à ses œuvres un cachet tout particulier d'interprétation personnelle.

Une épreuve à l'huile n'est pas autre chose, théoriquement, qu'une image photocollographique (V. chapitre XVI); seulement cette image est obtenue, non plus par tirage mécanique à la presse, comme on le fait dans l'industrie phototypique, mais bien en exposant à la lumière chacune des feuilles de papier destinées à recevoir l'impression à l'encre grasse. De plus, dans le procédé Rawlins, l'encrage s'effectue à l'aide de pinceaux, et non plus au moyen de rouleaux en cuir ou en gélatine.

Tous les clichés peuvent être utilisés pour le tirage à l'huile; cependant il les vaut mieux vigoureux que doux.

Le papier destiné aux impressions à l'huile est facile à préparer. Il n'y a qu'à couler une solution tiède de gélatine sur la feuille choisie, préalablement détendue dans l'eau et appliquée sur un support bien horizontal. On trouve, d'ailleurs, dans le commerce des papiers gélatinés qui peuvent parfaitement servir. Tels sont les papiers de double transfert, en usage dans le procédé au charbon. Quant au papier de simple transfert, il est impropre à cet emploi, parce que la gélatine dont il est recouvert a été insolubilisée.

La sensibilisation du papier gélatiné s'effectue en l'immergeant, pendant 2 ou 3 minutes, dans une solution de bichromate de potasse à 2 pour 100. On le laisse ensuite sécher dans l'obscurité.

Pour l'impressionner, lorsqu'il est sec, on le met en contact avec le négatif, dans le châssis-presse, gélatine contre gélatine. Sous l'action de la lumière, une image positive se dessine, mais elle est très faible et d'une tonalité qui varie suivant l'encollage du papier. Aussitôt que tous les détails ont paru, on arrête l'insolation : sous un cliché normal, il faut à peu près une minute de pose, en plein soleil, pendant l'été.

L'épreuve est alors plongée dans de l'eau ordinaire, que l'on renouvelle à plusieurs reprises, jusqu'à ce qu'elle ne se colore plus ; on sera alors certain que tout le bichromate a été éliminé.

La feuille étant sortie de l'eau et légèrement épongée, si l'on examine la couche impressionnée sous une incidence assez inclinée, on distingue une image en relief : les parties correspondant aux noirs du négatif (et, par conséquent, aux blancs du modèle) sont fortement gonflées par l'eau que la gélatine a absorbée ; les zones correspondant aux transparences du négatif sont, au contraire, déprimées, parce qu'elles sont devenues imperméables à l'eau ; enfin, les demi-teintes sont traduites par des épaisseurs variables, indices d'une imperméabilisation plus ou moins avancée. La surface étant ainsi mouillée proportionnellement à l'éclat des parties claires du modèle, il est facile de comprendre ce qui se produira lorsqu'on appliquera sur cette gélatine un pinceau garni d'encre d'imprimerie. Le pigment gras, repoussé par l'eau, ne sera retenu que par la gélatine rendue imperméable et ne s'attachera qu'aux parties correspondant aux noirs du positif. Si l'on ne doit pas procéder de suite à l'encrage (qui peut, sans inconvénient, être indéfi-

niment différé), il n'y a qu'à laisser sécher. Quand on voudra ensuite encrer l'épreuve, il faudra commencer par la faire tremper dans l'eau, pendant une heure ou deux.

L'encrage est la phase la plus délicate, mais aussi la plus intéressante, du procédé à l'huile. Deux sortes d'encres peuvent être utilisées : les encres typographiques et les encres lithographiques. Les unes et les autres sont composées d'huile cuite et de noir de fumée; mais les premières sont plus fluides, les secondes sont plus *dures*. Ni les unes ni les autres ne doivent d'ailleurs être employées telles quelles, dans le cas actuel, car elles sont toutes trop épaisses, et il convient de les délayer avec un peu d'huile cuite, dans des proportions variables selon l'état de la couche impressionnée et selon l'effet à réaliser. On mêle l'encre et l'huile, à l'aide d'un couteau à palette, sur une plaque de verre ou de porcelaine, puis on achève de rendre le mélange bien homogène en le travaillant au rouleau de cuir ou, ce qui vaut mieux, au rouleau en pâte des graveurs.

Pour appliquer l'encre sur l'épreuve, M. Rawlins a imaginé de remplacer le rouleau dont on se sert en photocollographie par des pinceaux de formes et de grosseurs différentes, suivant les exigences du travail. Ces pinceaux, ou *pochoirs,* sont en putois, les uns droits, les autres coupés en biseau ou en *pied-de-biche*.

L'épreuve sortie de la cuvette est placée sur un coussin de papier buvard mouillé. Les gouttelettes restées sur la gélatine sont enlevées doucement avec une mousseline, et l'on commence l'encrage. A cet effet on prend un peu d'encre avec un pinceau pied-de-biche. On choisit un point de l'image où se trouve une ombre intense et. en tapotant légèrement, on s'assure si l'encre prend convenablement. Cet essai suffit pour reconnaître si la composition de l'encre convient bien à l'épreuve. Si l'encre adhère mal, c'est qu'elle est trop dure ou que la pose a été trop courte : on y remédie en ajoutant de l'huile ou de l'encre taille-douce. Si, au contraire, l'encre est fortement happée partout et tend à produire une image voilée, ce qui est l'effet d'une surexposition ou d'une encre trop fluide, il faut durcir celle-ci par de petites additions d'encre lithographique. Une impression défectueuse est d'ailleurs facile à enlever par essuyage, à l'aide de chiffons très légèrement glissés sur la gélatine;

après quoi on recommence avec un mélange d'encres et d'huile mieux en rapport avec l'état de la couche impressionnée.

La gélatine sur laquelle repose l'encre grasse ne permet pas de donner aux blancs une matité parfaite, et l'éclat de l'image en est amoindri; d'autant plus que les noirs ont un aspect luisant, qui nuit à leur profondeur. En outre, la couche gélatineuse peut s'altérer, à la longue, sous l'influence de l'humidité. On évite ces inconvénients au moyen du *report*. La couche encrée est appliquée contre une feuille de papier (non gélatiné) sur lequel l'encre est transportée par pression, soit à l'aide d'une machine pour impressions en taille-douce (v. fig. 116), soit en frottant le papier avec un objet dur à contours arrondis, tel qu'une pierre à brunir ou un ébauchoir. Pour obtenir un beau report, il faut assurer un gonflement assez considérable de la gélatine correspondant aux blancs, en trempant l'épreuve primaire dans une solution d'ammoniaque à 10 p. 100, à la température de 16 à 20°. Si elle se gonfle mal, on l'immerge dans l'eau tiède pendant quelques secondes, et on la replonge aussitôt après dans le bain ammoniacal.

Pour les tirages rapides, au jour ou à la lumière artificielle, et notamment pour l'exécution des agrandissements, le procédé Rawlins peut être combiné avec l'ozobromie. L'image est d'abord exécutée sur papier au gélatinobromure. Après développement, fixage et lavage, l'épreuve est passée dans le bain au bichromate et au ferricyanure dont on se sert dans le procédé ozobrome. Les noirs pâlissent et sont, en même temps, rendus imperméables à l'eau, donc susceptibles de retenir l'encre grasse. Après l'encrage, il est facile de faire disparaître dans l'hyposulfite de soude les dernières traces de l'image primitive, ou, au contraire, de la faire reparaître avec toute son intensité dans un révélateur quelconque, si l'on préfère combiner les deux effets produits par le pigment gras et par l'image à l'argent.

Procédés aux poudres. — Ces procédés sont basés sur la propriété que possède la lumière de modifier les qualités hygrométriques de certaines substances. Si l'on frotte la surface impressionnée avec un pinceau chargé d'une couleur en poudre, celle-ci adhérera sur les points qui sont hygrométriques et collants, tandis que les endroits secs ne la happeront pas. La nature du phototype à

employer varie suivant que la surface à recouvrir est sensibilisée au bichromate de potasse ou au perchlorure de fer, dont le mode d'action est tout opposé. Dans le premier cas, le phototype sera constitué par une image positive; dans le second, ce sera un négatif ordinaire.

1° *D'après un cliché positif.* — On coule, sur une plaque de verre opale :

Eau	100 cc.
Glucose....................................	5 gr.
Dextrine	5 —
Bichromate d'ammoniaque..................	5 —

Après dessiccation, on expose la plaque sous un positif transparent. Si l'on saupoudre ensuite la plaque impressionnée d'une couleur très finement broyée, cette poudre adhérera à la couche sur les points protégés de la lumière par les opacités du diapositif. Quant aux endroits placés sous les transparences du cliché, comme la couche a perdu ses propriétés hygrométriques, elle ne retiendra point de pigment. Sur les demi-teintes, la poudre adhérera faiblement, et, si l'exposition à la lumière a exactement duré le temps voulu, le modelé du cliché sera fidèlement reproduit.

Quand l'image est complète, on plonge la plaque dans une cuvette contenant parties égales d'alcool et d'acide chlorhydrique et on l'y laisse jusqu'à ce que tout le bichromate ait disparu. On fait sécher, puis on lave afin d'éliminer l'acide. L'image est enfin fixée au moyen d'un vernis en couche mince.

2° *D'après un cliché négatif.* — Poitevin a découvert que les propriétés déliquescentes du perchlorure de fer disparaissent en présence de l'acide tartrique, pour reparaître ensuite sous l'action de la lumière. Le sensibilisateur est préparé en faisant dissoudre, d'une part, 22 gr. de perchlorure de fer dans 60 cc. d'eau, et, d'autre part, 8 gr. d'acide tartrique dans 60 cc. d'eau. Les deux solutions, filtrées séparément, sont réunies, puis additionnées de 80 cc. d'eau. Ce mélange est conservé à l'abri de la lumière.

Pour s'en servir, on en recouvre une glace dépolie à grain fin, et on laisse sécher pendant 12 heures, à l'abri de la lumière et de la poussière.

L'impression s'effectue sous un négatif bien verni; elle dure à

peu près le même temps qu'avec un papier au chlorure d'argent. L'image, très peu visible au sortir du châssis-presse, se dessine bientôt nettement, en blanc sur fond jaune, à mesure que les parties impressionnées absorbent l'humidité de l'air.

On applique alors sur la surface impressionnée un blaireau très doux préalablement trempé dans la poudre colorante. Cette poudre ne se fixe que sur les parties impressionnées, et en quantités proportionnelles à la lumière qui a traversé le cliché.

Quand l'image a acquis toute sa valeur, on peut la transporter sur papier. A cet effet, on la recouvre d'une couche de collodion normal, on la plonge dans l'eau jusqu'à disparition de l'aspect huileux de la surface, puis on verse une solution d'acide chlorhydrique étendu d'eau, pour détruire l'adhérence du collodion à la glace. On lave ensuite, afin d'éliminer l'acide, et on applique une feuille de papier non collé préalablement humectée. Cette feuille doit être plus petite que la glace. On chasse les bulles d'air à l'aide de la raclette, on ramène tout autour de la feuille les bords de la pellicule de collodion qui la dépassent, et, soulevant le papier avec précaution, d'abord par l'un des coins, on enlève l'image sans la déchirer.

La pellicule de collodion est maintenant appliquée sur une feuille de papier gélatiné préalablement mouillée. Quand le contact est bien établi, on enlève la feuille qui a servi de support temporaire. L'image se trouve alors emprisonnée entre le papier gélatiné et la couche de collodion qui la préserve extérieurement et sert de vernis.

3° *Images métalliques sur fond noir.* — Les procédés par saupoudrage permettent de produire des effets analogues aux laques décorées du Japon. Comme on applique dans ce cas des poudres argentées, dorées ou bronzées sur un fond noir, il faut effectuer le tirage sous un positif si la couche est sensibilisée au perchlorure de fer, et sous un négatif si elle est sensibilisée au bichromate, contrairement aux procédés précédents, dans lesquels le pigment saupoudré constitue les ombres de l'image, et non pas ses parties les plus claires.

On emploie généralement un cliché négatif, et on prépare le sensibilisateur en faisant dissoudre :

A.	Eau	180 cc.
	Sucre blanc	10 gr.
	Dextrine	10 —
B.	Eau	30 cc.
	Bichromate de potasse	3 gr.

On mélange A et B, puis on ajoute 10 à 30 gouttes de glycérine, suivant que l'atmosphère est humide ou sèche.

Cette liqueur est versée sur le support noir placé horizontalement. Les artistes japonais se servent à cet effet de planchettes de bois dur laqué qu'il est assez difficile de se procurer en Europe. On y supplée soit à l'aide d'une plaque de verre dont on enduit l'envers d'une couche de vernis noir, soit à l'aide de plaques de tôle émaillées en noir. Le liquide étant uniformément étalé à la surface de la plaque, on sèche rapidemant sur une brique ou une bouillotte chauffée à 60°. La dessiccation doit s'effectuer, sinon dans l'obscurité complète, du moins à la lumière artificielle très faible, par exemple à la lueur d'une bougie. Il faut ensuite mettre en châssis et exposer à la lumière sans attendre que la plaque soit refroidie. Le tirage s'effectue en 8 ou 10 minutes, à l'ombre, sous un négatif de densité moyenne. Rentrant alors dans le laboratoire faiblement éclairé, on passe sur la couche sensible un pinceau doux chargé d'une poudre métallique très fine (poudre d'aluminium ou bronzes pour dorures). L'image se dessine peu à peu, et, au bout de 10 minutes environ, elle est complètement venue. On époussette alors rapidement l'excès de poudre, et on fixe en portant la plaque en pleine lumière. On peut ensuite recouvrir immédiatement la couche d'un vernis blanc, ou collodionner et laver afin d'éliminer les sels restés solubles,

La finesse de la poudre employée a une grande importance. Une poudre grossière donne des images dures, sans détails; les poudres les plus fines sont celles qui produisent les images les mieux modelées.

Emaux. — Les procédés par saupoudrage ont reçu de nombreuses applications dans l'exécution des émaux photographiques. Les couleurs employées dans ce cas sont des oxydes métalliques ou des émaux en poudre. Ce pigment une fois déposé sur la couche impressionnée, au lieu de transporter l'image sur papier, on la fixe sur une plaque de verre ou d'émail. On soumet le tout à la

cuisson dans un moufle, et l'on obtient ainsi des images vitrifiées inaltérables.

Une autre méthode, plus commode, consiste à faire usage de papiers mixtionnés spéciaux. Les *papiers photocéramiques* que l'on trouve actuellement dans le commerce sont préparés à peu près comme les papiers au charbon et contiennent des couleurs vitrifiables incorporées dans la gélatine. La sensibilisation et le tirage s'effectuent comme dans le procédé au charbon, et la couche est ensuite transférée sur le support vitrifiable. On dépouille dans l'eau chaude, et, après séchage, on soumet le tout à la cuisson. On exécute ainsi des émaux de grand feu ou des décorations sur verre et sur porcelaine.

Le procédé au charbon permet aussi d'exécuter des *simili-émaux*, sans cuisson. On emploie, dans ce cas, du papier au charbon ordinaire et on effectue le transfert, non plus sur papier, mais sur verre ou sur porcelaine. Après dépouillement et achèvement de l'image, on la recouvre d'un grand nombre de couches très minces d'un vernis dur et transparent, à l'ambre ou au copal, en ayant soin de ne passer une nouvelle couche qu'après dessiccation complète et durcissement de la couche précédente. Quand on a ainsi obtenu une couche assez épaisse de vernis, on fait chauffer, dans le four d'un fourneau de cuisine ou dans une petite étuve, jusque vers 80° ou 90°. Cette température est maintenue pendant 5 ou 6 heures. On laisse ensuite refroidir, et on polit la couche de vernis, d'abord à la pierre ponce, puis à la potée d'étain, jusqu'à ce que la surface soit devenue parfaitement brillante.

Hydrotypie. — Ce procédé, inventé par Charles Cros en 1880, est fondé sur la propriété que possède la gélatine bichromatée de devenir imperméable à l'eau sous l'influence de la lumière. Pour obtenir une image positive par hydrotypie, il faut se servir d'un cliché positif. Si l'on expose sous ce phototype une plaque de verre recouverte de gélatine bichromatée, cette couche sera rendue imperméable sur les points correspondant aux parties claires du modèle, tandis qu'elle conservera sa perméabilité sur les points protégés de l'action lumineuse par les opacités du cliché positif.

Le tirage achevé, on lave la plaque afin d'en éliminer les sels

restés solubles, et on l'immerge dans un colorant en solution aqueuse, par exemple dans un bain de fuchsine. Le liquide pénétrera facilement dans la gélatine demeurée perméable, mais il sera repoussé sur les points qui ont reçu l'impression lumineuse. On aura donc ainsi une image positive, de la couleur que l'on voudra. Il y a plus : une fois la plaque ainsi colorée par imbibition, on pourra l'appliquer sur une feuille de papier et en tirer une série de copies, en l'imbibant de nouveau quand l'impression sera devenue trop pâle.

Ce procédé a récemment fait l'objet de diverses applications : M. Sanger Shepherd l'a utilisé dans des tirages en couleurs, ainsi que M. L. Didier, qui, sous la dénomination de *pinatypie*, a combiné une série de couleurs spécialement préparées dans ce but.

Teinture photographique. — Ce procédé d'impression pigmentaire consiste à transformer en un mordant tinctorial la substance qui constitue l'image photographique. Smith, en 1854, obtenait des tons rouges, jaunes, pourpres, bleus, verts, par les solutions ferriques, des tons chamois par le bichromate de potasse, et, en combinant les deux procédés avec le campêche, il variait les nuances. La double propriété que possèdent les sels de chrome d'être réduits par la lumière et de fixer certaines matières colorantes avait aussi permis d'obtenir quelques résultats intéressants. Persoz, en 1857, dans son cours au Conservatoire des arts et métiers ; Kopp, en 1863, à la Société industrielle de Mulhouse, faisaient mention de cette particularité et des applications dont elle est susceptible.

En 1866, Endemann perfectionnait ce mode d'impression, en ajoutant au sel de chrome un sel de vanadium, qui fournit un mordant plus énergique et une plus grande sensibilité. Le papier ou le tissu à imprimer est sensibilisé dans :

Eau	1.000 cc.
Bichromate d'ammoniaque	50 gr.
Métavanadate d'ammoniaque ou de soude	4 —

Après dessiccation dans l'obscurité et impression à la lumière sous un cliché négatif, une légère image positive est visible. Un lavage à l'eau froide suffit pour éliminer les sels qui n'ont pas été impressionnés et ne laisse subsister que le mordant, rendu inso-

luble et fixé par l'action lumineuse. On procède alors à la teinture, dans une solution chaude du colorant choisi, qui ne se dépose qu'aux endroits imprégnés du mordant. M. Villain, en 1892, appliquait à ce procédé les couleurs d'alizarine nouvelles, plus économiques que celles qu'avaient employées les précédents expérimentateurs. Il recommandait, notamment, les colorants suivants : alizarines artificielles pour violet, bleu d'alizarine S, noirs d'alizarine S et R, galloflavine, purpurine, brun d'anthracène, orangé d'alizarine, jaune d'alizarine, marron d'alizarine, vert d'alizarine S, alizarine bleu-indigo S, alizarine Bordeaux, alizarines cyanines, galléine et céruléine. Certains de ces produits peuvent d'ailleurs se mélanger entre eux et donner une gamme extrêmement variée de nuances très solides.

Les procédés aux sels de fer fournissent également des mordants tinctoriaux. Le tissu est sensibilisé par immersion dans le mélange, à volumes égaux, des deux solutions ci-après, récemment préparées :

A.	Eau	100 cc.
	Ferricyanure de potassium	37 gr.
B.	Eau	100 cc.
	Citrate de fer ammoniacal	37 gr.

On sèche dans l'obscurité, on imprime sous le cliché négatif et on fixe dans l'eau. L'image ainsi obtenue est bleue, comme dans le procédé au ferro-prussiate. Le tissu est alors plongé dans une solution au millième de soude caustique, dans laquelle l'image disparaît. On lave d'abord à l'eau chaude, puis dans une solution chaude de phosphate de soude, et l'on rince de nouveau dans l'eau chaude. Pour redévelopper l'image, on passe le tissu dans une solution de gélatine à 5 pour 1.000 portée à la température de 70°. Au bout de 2 ou 3 minutes, en enlève le tissu, et on ajoute à la solution de gélatine le colorant choisi. Ainsi, pour obtenir une image en noir verdâtre, on fera dissoudre 5 grammes de nigroso-résorcine dans un litre de solution gélatineuse. On élève la température du bain à 80° et, quand le colorant est entièrement dissous, on replonge le tissu. L'image apparaît rapidement. Quand elle est à point, on rince à l'eau bouillante et on éclaircit les blancs par un savonnage à 70°. Pour obtenir une

image bleue, on remplacera la nigroso-résorcine par la gallocyanine; le brun d'anthracène donne des tons marrons; l'alizarine pour rouge, des tons violets. Cette méthode est due à M. Stewart F. Carter.

D'autres réactions ont été utilisées. Ainsi, les dérivés diazoïques et tétrazoïques sont susceptibles de donner avec le sulfite de soude des combinaisons moléculaires

$$R - Az = Az - SO^3Na$$

qui ne possèdent plus la propriété de se copuler en formant des matières colorantes. Ces combinaisons étant détruites par l'action photo-chimique, MM. Lumière et Seyewetz ont appliqué cette propriété à l'impression des dessins sur étoffes. Le tissu est passé d'abord dans la solution du phénate alcalin ou de sel de l'amine, puis dans le diazosulfite alcalin, d'où il sort coloré. On l'expose alors à la lumière, sous un phototype, et il ne reste ensuite qu'à le laver à l'eau bouillante, qui élimine le mélange non impressionné, tandis que le colorant reste fixé sur les autres parties de l'étoffe.

On peut également tirer parti de ce fait que la lumière décompose les dérivés diazoïques, stables dans les conditions ordinaires. Le tissu est imprégné de la solution du diazoïque, puis séché et exposé à la lumière, sous un cliché. Une fois impressionné, il peut être soumis à deux sortes de développement. En effet, le résultat de l'action lumineuse est la formation d'un phénol : si on passe l'étoffe dans un bain de diazoïque, le colorant sera produit sur les parties réduites par la lumière, tandis que, si on passe en bain d'amine ou de phénate alcalin, le colorant ne se formera que sur les parties préservées de l'action de la lumière.

M. Frank J. Farrel sensibilise la soie, préalablement lavée pour en enlever l'apprêt et les corps gras, en la plongeant, à la lumière jaune, dans :

Eau	1.000 cc.
Nitrite de soude	5 gr.
Acide chlorhydrique	10 cc.

Le tissu y séjourne 5 à 6 heures, en ayant soin d'agiter fré-

quemment, puis on le met à sécher sur un cadre, dans l'obscurité. On expose sous un cliché positif. Le développement s'opère à chaud, 35° environ, dans une solution contenant 0,5 pour 100 de soude caustique et 0,5 pour 100 d'un hydroxyde aromatique, qui varie suivant la couleur à obtenir. Ainsi, le béta-naphtol donne des tons rouge-pourpre, qui, après rinçage dans l'eau et lavage dans une solution diluée d'acide acétique, tournent à l'écarlate. L'alpha-naphtol donne un ton bleu rougeâtre; le résorcinal, un rouge brillant, qui, après le rinçage à l'acide acétique, passe à l'orangé-or.

Enfin, on a cherché à transformer en mordants tinctoriaux les positifs aux sels d'argent, en raison de la facilité d'emploi de ces composés, et plus particulièrement le gélatinobromure, en raison de son extrême sensibilité, qui rend possible l'exécution des agrandissements et les tirages rapides qu'exige l'industrie. M. Traube a reconnu que le chlorure d'argent n'a presque aucune affinité pour les matières colorantes et que le bromure en possède fort peu, mais que l'iodure fixe suffisamment les colorants basiques, tels que le bleu méthylène et l'auramine. Quant aux colorants acides, il n'est guère possible de les fixer de la sorte, à l'exception de l'éosine, de ses dérivés et de quelques autres triphénylméthanilines. Le procédé *diachrome* de Traube consiste à transformer en iodure d'argent une image positive au gélatinobromure. La plaque développée, fixée et lavée, est plongée dans :

Eau	100 cc.
Iodure de potassium	5 gr.
Iode en paillettes	2 —

Elle y séjourne jusqu'à ce que les noirs soient devenus jaune pâle. On rince alors la photocopie et on l'immerge dans le bain de teinture, qui doit être très dilué si l'on tient à conserver la pureté des blancs. Dans ces conditions, la teinture est lente : elle exige souvent 24 heures et même davantage, mais comme elle ne nécessite pas une surveillance fréquente et qu'elle s'accomplit à la température ordinaire, cette durée n'offre pas de grands inconvénients.

M. Namias a trouvé dans les sels de plomb des mordants énergiques et très faciles à substituer à l'image photographique. Le

positif au gélatinobromure est blanchi après développement, fixage et lavage, dans :

Eau	100 cc.
Ferricyanure de potassium	10 gr.
Acétate de plomb	5 —
Acide acétique	1 cc.

L'image pâlit progressivement. Quand elle est devenue entièrement jaune, on lave abondamment, pendant une demi-heure au moins, afin d'éliminer les dernières traces de sels qui risqueraient d'occasionner des taches pendant la teinture. Les noirs primitifs doivent alors paraître parfaitement blancs. S'ils restaient encore jaunes, il serait nécessaire de clarifier l'image, soit dans un bain d'acide nitrique très dilué (2 ou 3 p. 100), soit dans une solution d'hyposulfite de soude peu concentrée (10 p. 100 au plus). Ni l'un ni l'autre de ces réactifs ne doit agir plus de 10 minutes, sans quoi les demi-teintes de l'image seraient rongées. La teinture s'opère à froid. M. Namias cite comme donnant les meilleurs résultats : la safranine, le bleu méthylène et la fuchsine, la combinaison de ces couleurs étant susceptible de produire un nombre illimité de nuances. Le colorant doit être très dilué, pour ne pas ternir les blancs.

OUVRAGES A CONSULTER

E. Belin, *Manuel de photographie au charbon*, Paris (Gauthier-Villars), 1900.

E. Coustet, *le Procédé ozobrome*, Paris (Ch. Mendel), 1908.

F. Dillaye, *le Tirage des épreuves en photographie*, Paris (J. Tallandier), 1903.

Geymet, *Traité pratique des émaux photographiques*, 3e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1885.

Geymet, *Traité pratique de céramique photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1885.

R. d'Héliécourt, *la Photographie vitrifiée*, Paris (Ch. Mendel).

A.-F. von Hübl, *Die Ozotypie. Ein Verfahren zur Herstellung von Pigment Kopieen ohne Uebertragung*, Halle a/S. (W. Knapp).

W. Kösters, *Der Gummidruck*, Halle a/S. (W. Knapp).

J.-A. Liébert, *la Photographie par les procédés pigmentaires. La Photographie au charbon par transferts et ses applications*, Paris (Gauthier-Villars), 1908.

Martin, *les Procédés pigmentaires*, édition de la *Revue belge de photographie*, 1904.

A. Maskell et R. Demachy, *le Procédé à la gomme bichromatée ou Photoaquateinte*, 2e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1905.

D. van Monckhoven, *Traité pratique de photographie au charbon,* Paris (Masson et Cie), 1886.
C. Puyo, *le Procédé à l'huile,* nouvelle édition, Paris (Ch. Mendel), 1911.
H. Quentin, *les Photo-bijoux* (simili-émaux), Paris (Ch. Mendel).
H. Quentin, *le Procédé Ozotype,* Paris (Ch. Mendel), 1903.
Rouillé-Ladevèze, *Sépia-Photo et Sanguine-Photo,* Paris (Gauthier-Villars), 1894.
E. Rouyer, *la Gomme bichromatée,* Paris (Ch. Mendel).
De Valicourt, *la Photographie sur métal, sur papier et sur verre,* tome II, Paris (Encyclopédie Roret), 1851.
R. Demachy, *le Report des épreuves à l'huile,* Paris (Ch. Mendel), 1912.

CHAPITRE XIII

LE MONTAGE DES PHOTOCOPIES

Calibrage. — Les épreuves destinées à être montées sur des cartes d'un format déterminé doivent d'abord être coupées exactement aux dimensions voulues. On se sert pour cela d'un *calibre* (fig. 98) constitué par une plaque de verre ou de métal ayant à



Fig. 98. — Calibres.

peu près le même format que la carte, moins les marges qu'il convient de laisser. De plus, en cas de montage à la colle liquide, il faut tenir compte de la dilatation que subira le papier, une fois mouillé.

On place l'épreuve à rogner sur une glace épaisse, et on la recouvre du calibre, exactement repéré sur la partie à conserver. Appuyant alors de la main gauche sur le calibre, de manière à l'empêcher de glisser, on prend de la main droite un canif bien aiguisé ou une pointe de cartonnier, et, se servant des bords du calibre comme d'une règle, on rogne tout autour de la photocopie ce qui excède le format voulu.

Pour les grandes épreuves, le calibre est remplacé par une équerre en verre épais, dont l'un des côtés porte des divisions gravées en centimètres et en millimètres.

Les épreuves une fois coupées, si l'on doit les monter à la colle liquide, il faut au préalable les faire détendre dans l'eau. En outre, si ce sont des papiers gélatinés, comme il est commode de les empiler pour les enduire de colle, il est nécessaire que la gélatine

soit durcie à l'alun ou au formol, **sans** quoi les épreuves risqueraient d'adhérer les unes aux autres et de se déchirer quand on voudrait les séparer. Si donc les épreuves n'ont pas été durcies avant le séchage, comme nous l'avons conseillé (p. 222), il sera indispensable de le faire avant de les coller.

DÉNOMINATIONS ET FORMATS
DES CARTES EMPLOYÉES EN PHOTOGRAPHIE

Carte	Mignonnette	3.5×6 c.	Carte	American.........	19×33 c.
—	Visite	6.3×10.5 —	—	Family	23×29 —
—	Malverne	8×16 —	—	—	22×34 —
—	Victoria	8×12.6 —	—	Excelsior	26×32 —
—	Album..........	11×16.5 —	—	—	25×38 —
—	Promenade	10.2×21 —	—	Panel.............	28×38 —
—	Paris-Portrait...	13×21 —	—	—	28×45 —
—	Amateur........	9×12 —	—	Royal	38×48 —
—	—	13×18 —	—	—	38×55 —
—	—	15×21 —	—	Portrait nature....	48×58 —
—	—	18×24 —	—	— —	48×60 —
—	Artiste..........	20×26 —			

Montage à la colle liquide. — La meilleure substance à employer pour cet usage est l'amidon de blé, qui fournit une excellente colle facile à préparer et qui se conserve longtemps, quand on a eu soin de l'additionner d'un antiseptique. On met dans une casserole 100 cc. d'eau froide ou à peine tiède et 8 à 10 gr. d'amidon, que l'on délaye avec une cuiller jusqu'à ce que le liquide soit devenu uniformément laiteux. On place alors la casserole sur le feu, et l'on tourne le mélange avec la cuiller, sans interruption, jusqu'à ce que l'on sente s'épaissir le liquide, qui perd alors son aspect laiteux et devient à demi transparent. On retire à ce moment la casserole du feu et, après avoir encore un peu tourné la pâte, on la laisse refroidir. On y ajoute, enfin, quelques gouttes de formol, afin de l'empêcher de se putréfier. Si l'on tient à avoir une colle parfaitement homogène, il est bon de la passer à travers une mousseline, mais l'essentiel est de ne pas cesser de tourner le lait d'amidon, pendant la cuisson.

Les épreuves, bien détendues dans l'eau (une immersion de 5 à

6 minutes est suffisante), sont sorties une à une de la cuvette et empilées sur une glace, l'image en dessous. Il faut les poser l'une sur l'autre en éventail, c'est-à-dire sans que leurs angles coïncident, de telle sorte qu'un coin au moins de chaque épreuve porte directement sur la glace : si tous les papiers étaient exactement superposés, il serait difficile d'en soulever un sans endommager ceux qui se trouvent dessous. Les épreuves étant ainsi réunies, on presse légèrement le paquet, de manière à chasser l'excès d'eau qu'elles ont retenue, et l'on enduit de colle, avec un pinceau large et plat, celle qui se trouve placée au dessus. On la soulève ensuite, en glissant l'ongle ou la pointe d'un canif sous le coin en contact direct avec le verre. Tenant alors l'épreuve des deux mains et rapprochant légèrement ses deux extrémités, de manière qu'elle soit un peu courbée, on la dépose sur le carton, d'abord par le milieu, après quoi on laisse retomber lentement les deux extré mités. Ce tour de main a pour but de bien placer l'épreuve sur le carton. Néanmoins, si elle ne se trouve pas exactement dans la position voulue, on la fera facilement glisser, en appuyant les doigts dessus et en exerçant une traction régulière.

Il reste presque toujours un peu d'air emprisonné entre le papier et le carton; on le reconnaît à des cloches très apparentes, que l'on fait disparaître en appliquant sur l'épreuve une feuille de buvard blanc bien propre que l'on frotte en tous sens, soit avec la paume de la main, soit avec un coupe-papier, soit avec un rouleau de caoutchouc. On laisse ensuite sécher.

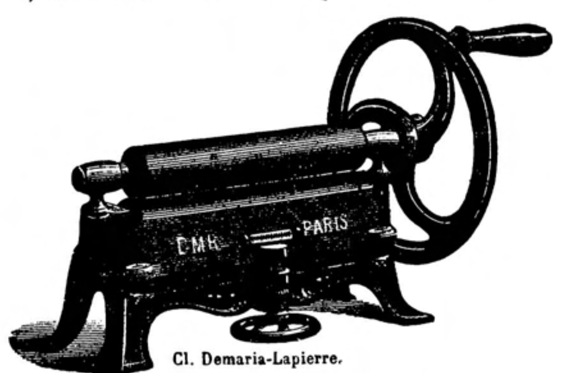
On enduit alors de colle la seconde épreuve; on la saisit, comme la première, en soulevant l'angle en contact avec la glace, et l'on recommence les manipulations qui viennent d'être décrites.

Satinage. — Les photocopies montées à la colle liquide perdent généralement une partie de leur brillant, une fois sèches. De plus, le carton, inégalement dilaté par l'humidité, reste gondolé. Autant pour donner le lustre aux épreuves que pour redresser leur support, les photographes ont l'habitude de les *satiner*, à l'aide de presses spéciales. Le satinage s'opère à froid ou à chaud.

La presse à satiner à froid est ordinairement constituée par une plaque de fonte polie sur laquelle un rouleau de même métal est serré plus ou moins fortement au moyen de vis de réglage. On fait

passer l'épreuve entre la plaque et le rouleau, et le laminage que subit le carton le redresse complètement. L'épreuve satinée à froid présente une surface lisse, d'un très bel effet dans les grands formats. Pour les petites cartes, le public préfère le plus souvent une surface brillante, qui s'obtient par le satinage à chaud.

La fig. 99 représente une presse combinée de manière à satiner soit à froid, soit à chaud. Elle se compose de deux cylindres métalliques, l'un poli et l'autre cannelé, formant laminoir. Une vis commandée par un volant règle la pression. Un autre volant, muni d'une manivelle, sert à mettre les cylindres en mouvement. L'épreuve est passée entre les rouleaux de telle sorte que l'image soit en contact avec la surface polie, tandis que le dos du carton porte sur la surface cannelée, dont le rôle est de faciliter l'entraînement régulier. En chauffant le cylindre poli, au moyen d'une rampe à gaz ou de lampes à alcool, on rend l'épreuve plus brillante. Il faut éviter cependant que le rouleau soit chauffé au delà de 60° ou 70°. Une température trop élevée roussirait le papier ou le détacherait du carton. C'est pourquoi un thermomètre est adapté au socle de la presse.



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 99. — Presse à satiner.

Certaines presses, destinées uniquement au satinage à chaud, se composent seulement d'un rouleau cannelé et d'un couteau fixe poli que l'on fait chauffer au gaz ou à l'alcool. Dans ce cas, il est nécessaire de faciliter le glissement des cartes, car le moindre

arrêt se traduirait par des raies luisantes indélébiles. On enduit, à cet effet, la surface de l'image de cire ou de savon. Le plus simple est de frotter un morceau de savon de Marseille sur une pièce de drap ou de flanelle, jusqu'à ce que l'étoffe paraisse bien graissée. On en frotte alors la surface de l'épreuve.

Montage à sec. — Les épreuves mouillées s'allongent un peu plus dans un sens que dans l'autre, et il en résulte une légère déformation de l'image, sans inconvénient dans la plupart des cas, mais qu'il est cependant nécessaire d'éviter dans les reproductions de haute précision, et même dans les grands portraits, le visage se trouvant quelque peu aminci ou élargi, suivant le sens dans lequel le papier a été mis sous le cliché. Le montage humide provoque également le gondolage du carton, et le seul moyen d'y remédier est le satinage. Encore cette opération ne convient-elle pas aux papiers artistiques dont la surface est veloutée. En outre, les supports souples, tels que certains papiers feutrés, ne se prêtent pas à ce mode de montage. Du reste, les papiers à la gomme bichromatée sont difficiles à bien coller à l'état humide, en raison de l'extrême fragilité du pigment. Enfin, la colle liquide sert quelquefois de véhicule à diverses substances solubles restées dans la pâte du carton, et c'est là une cause fréquente d'altération des images.

Tous ces motifs font préférer dans bien des cas le montage à sec, qui consiste à remplacer la colle liquide par un adhésif fusible à une température peu élevée. L'idée de cette combinaison remonte au moins à 1867. A cette époque, Robinson appliquait, au dos de l'épreuve ainsi que sur le carton, une colle au caoutchouc dissous dans la benzine. Après la mise en contact, il faisait adhérer en passant à la presse à satiner[1]. Dobler, en 1895, vendait de la gutta-percha en feuilles très minces destinées à servir d'adhésif à sec : on en coupait un morceau de la dimension de l'épreuve, on le plaçait entre le papier et le carton, et on passait sur le tout un fer à repasser modérément chauffé. Plus récemment MM. Derepas ont combiné un adhésif à la gomme laque, ainsi qu'une presse spéciale très bien comprise.

1. *British Journal of Photography*, 1867, p. 311.

M. Briand a fait connaître le mode de préparation d'un adhésif qui donne de bons résultats :

Gomme laque blanche........................	30 gr.
Gomme élémi	3 —
Baume du Canada sirupeux	5 —
Glycérine	3 —
Alcool à brûler, 1er choix	100 cc.

On dissout d'abord dans la moitié de l'alcool la gomme élémi et le baume du Canada, et dans l'autre moitié la gomme laque. On mélange les deux solutions et l'on ajoute la glycérine.

Les pellicules adhésives que l'on trouve dans le commerce sont constituées par des feuilles de papier très minee, comme le papier des copie-lettres, que l'on a trempées dans une solution analogue à la précédente.

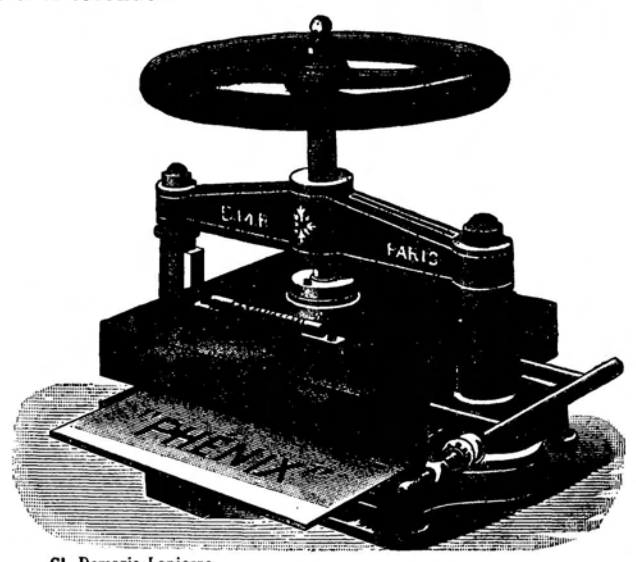
Pour procéder au montage, on réunit d'abord l'adhésif et l'épreuve. On prend une feuille adhésive un peu plus grande que l'épreuve et on applique celle-ci face en dessous sur une surface lisse, telle qu'un carton bien sec. Avec un petit fer spécial, préalablement chauffé sur une lampe à alcool, on fait adhérer par un point l'épreuve à l'adhésif : une légère pression du fer chaud est suffisante. L'épreuve et l'adhésif ainsi accouplés sont alors calibrés simultanément à l'aide d'un calibre en verre ou en zinc. On place ensuite l'épreuve sur le carton support que l'on a choisi, en ayant soin qu'elle s'y trouve exactement dans la position voulue. On la maintient d'une main, pendant que de l'autre on la fixe provisoirement en y appliquant le petit fer chaud. On évite ainsi le déplacement de l'épreuve au moment de la placer sur le plateau de la presse.

La presse (fig. 100) rappelle un peu, par son aspect général, les appareils à copier les lettres; seulement, le plateau supérieur est creux et contient une rampe à gaz ou un réchaud à alcool. On y adapte à volonté, soit une plaque de zinc nickelé, pour les épreuves brillantes, soit une plaque dépolie, pour les épreuves mates. La presse effectue ainsi à la fois le montage et le satinage. Un thermomètre indique la température, qui doit être réglée selon la nature des épreuves :

Papiers au charbon............................	65°

Papiers au citrate	de 75° à 80°
— à l'albumine...........................	90°
— au gélatinobromure.....................	90°
— mats genre platine.....................	95°

La pression doit être assez forte, sans exagérer cependant, et dure environ 5 secondes. Cependant, pour coller les papiers au gélatinobromure de forte épaisseur, il faut prolonger la pression de 15 à 20 secondes.



Cl. Demaria-Lapierre.

Fig. 100. — Presse pour le montage à sec.

La même presse sert également à produire des gaufrages ou estampages, sur des cartons lisses ou grainés, en intercalant des plaques de formes et de surfaces différentes limitant la pression à une partie seulement du support.

L'emploi d'une presse particulière n'est pas absolument indispensable pour monter les épreuves à chaud, et l'on réussit parfaitement avec un simple fer à repasser modérément chauffé, en prenant la précaution d'interposer une feuille de papier entre le fer

chaud et l'épreuve. On peut même se passer de feuilles imprégnées d'adhésif, et appliquer au pinceau la solution alcoolique de gomme laque et de baume indiquée par M. Briand. Toutefois, cette mixture ne doit pas être passée directement au dos d'une épreuve ordinaire, car elle tacherait l'image. Il faut, au préalable, enduire le papier d'un encollage destiné à empêcher la pénétration de la solution alcoolique. On appliquera donc au verso des épreuves la solution suivante, également indiquée par M. Briand :

Eau	1.000 cc.
Gomme arabique	200 gr.
Formol	50 cc.
Glycérine	15 —

On laisse sécher les épreuves ainsi gommées, et l'on y étend au pinceau la solution adhésive. On fait sécher cette première couche et on en passe ensuite une seconde. Pour coller l'épreuve, il suffit alors de l'appliquer sur le support qui doit la recevoir et de passer un fer chaud, en interposant une feuille de papier blanc. On soumet enfin le tout à une forte pression, par exemple sous une presse à copier.

Pour détacher de son support une épreuve montée à chaud, il suffit de la faire chauffer modérément : le papier se sépare de lui-même.

Emaillage. — Les épreuves tirées sur papier gélatiné sont susceptibles d'acquérir un aspect très brillant, sans passer par la presse à satiner. Il suffit à cet effet de les appliquer toutes mouillées sur une surface polie et de les y laisser sécher. Cet aspect miroitant, quoique fort commun, est recherché par beaucoup d'amateurs, surtout pour les images de très petit format. Aussi convient-il d'indiquer la manière de l'obtenir, malgré son caractère peu artistique.

On trouve dans le commerce des plaques de tôle laquée très brillantes destinées à l'émaillage des épreuves, mais on peut se servir aussi d'une glace bien polie, à la condition de l'enduire au préalable d'une substance propre à empêcher l'adhérence du papier gélatiné. Il suffit pour cela de frotter la glace avec un tampon de coton couvert de talc en poudre, puis avec un second tampon bien propre pour enlever toute trace visible de talc. On remplace quelquefois le talc par :

Benzine	500 cc.
Cire de spermaceti	5 gr.

Cette solution est appliquée sur la glace au moyen d'un tampon d'ouate. Quand toute la surface en est couverte, on la frotte avec un morceau de flanelle.

L'épreuve bien imprégnée d'eau est appliquée, du côté gélatiné, contre la surface polie. On pose sur le papier un morceau de toile cirée ou caoutchoutée, que l'on presse en tous sens à l'aide d'une raclette ou d'un rouleau souple, de manière à chasser toutes les bulles d'air interposées entre la gélatine et la plaque. On enlève ensuite la toile imperméable, et on laisse sécher le papier à l'air libre sur le support poli, d'où il ne doit être séparé qu'après parfaite dessiccation. Il faut éviter de faire sécher au soleil ou à la chaleur, car l'épreuve serait gondolée. Quand le papier est bien sec, il se détache de lui-même.

Une fois émaillée, l'épreuve ne doit plus être mouillée, car la gélatine imbibée d'eau reprendrait en séchant l'aspect qu'elle avait avant l'émaillage, qu'il faudrait recommencer. On peut cependant monter à la colle liquide une épreuve émaillée, en procédant de la façon suivante. On fait dissoudre dans l'eau de la gomme arabique additionnée d'un antiseptique, tel que le thymol ou l'acide salicylique, et on filtre sur du coton. Cette colle se conserve plusieurs mois. On en enduit le dos des épreuves placées sur la plaque d'émaillage, avant qu'elles soient sèches. La dessiccation achevée, on enduit le papier d'une nouvelle couche de gomme et on l'applique aussitôt sur le carton. L'adhérence est facilitée en passant un rouleau de caoutchouc sur l'épreuve recouverte d'une feuille de buvard blanc. Le brillant de la surface reste ainsi parfaitement intact.

Retouche des photocopies. — La retouche étant exécutée sur les clichés, il est rare que les petites épreuves soient chacune l'objet d'un travail long et minutieux. On se borne, le plus souvent, à un simple *repiquage*, qui consiste à enlever les petits points noirs ou blancs provenant soit de trous dans la couche du négatif, soit de poussières interposées pendant le tirage entre le phototype et le papier sensible.

Pour faire disparaître les points noirs, sur les papiers mats, on se sert du grattoir; sur les papiers brillants, il vaut mieux appli-

quer du blanc gouaché additionné de gomme, posé par petites touches à l'aide de pinceaux très fins. Les points blancs sont bouchés soit au crayon, soit au pinceau chargé de couleur d'aquarelle gommée.

Les grandes épreuves exigent souvent une retouche plus importante. C'est le cas, notamment, pour les agrandissements, comme on le verra plus loin (chap. XXIII). Cette retouche est effectuée,



Cl. Sté Franco-Américaine.

Fig. 101. — Pinceau à air.

suivant l'effet à réaliser, au moyen de crayons, de pinceaux ou de pulvérisateurs spéciaux dont le plus parfait est le *pinceau à air*. Ce dernier instrument (fig. 101) projette la couleur par l'air comprimé, qui la divise en minuscules gouttelettes. En approchant plus ou moins le jet du papier, on obtient des traits vigoureux ou des effets d'estompe, des demi-teintes fondues très délicates.

La retouche doit évidemment être de même teinte que l'image. Il est quelquefois difficile d'obtenir exactement le même ton par des mélanges de couleurs. Du reste, la retouche étant tantôt plus, tantôt moins altérable que le pigment constitutif de l'image photographique, il en résulte, à la longue, des différences choquantes.

Le mieux est donc d'utiliser dans la retouche une substance identique à celle dont est formée la photocopie. Ainsi, pour retoucher une épreuve au gélatinobromure, si l'on a eu soin d'employer un papier plus grand que le cliché, l'image se trouve entourée de marges qui ont pris au développement le même ton que les grandes ombres du positif. On rogne ces marges, et on les met dans l'eau chaude, qui dissout la gélatine colorée : il n'y a qu'à recueillir cette gélatine et à s'en servir en guise de couleur.

De même, dans le procédé au charbon, la retouche devra être exécutée à l'aide de la mixtion prélevée sur un petit morceau de papier identique à celui qui a servi au tirage de l'épreuve.

Coloriage. — On emploie tantôt des couleurs solides, tantôt des colorants en solutions aqueuses ou alcooliques.

1. *Peinture à l'huile.* — Il faut d'abord étendre sur l'épreuve, avec un blaireau large et fin, une solution chaude de gélatine blanche à 3 p. 100. Quand ce médium est bien sec, on y applique les couleurs. On se sert habituellement dans ce but de couleurs transparentes ou *laques,* sous lesquelles l'image photographique reste visible. On rehausse seulement les grandes lumières par quelques touches de blanc d'argent, pur ou additionné de jaune. Quelques artistes emploient cependant des couleurs opaques, comme les ocres, le jaune de chrome, la terre de Sienne, etc., et peignent à pleine pâte, de manière à faire complètement disparaître la photographie. Il faut alors une grande habileté et une connaissance parfaite du dessin, pour éviter ces effets lourds qui détruisent absolument la pureté des contours et les délicates demi-teintes caractéristiques de l'image de la chambre noire.

2. *Peinture à l'aquarelle.* — Les couleurs à l'eau ne prennent pas directement sur les papiers albuminés et gélatinés. Cependant, on arrive généralement à les appliquer, après avoir passé à la surface de l'épreuve une pomme de terre fraîchement coupée. Néanmoins, il est préférable de recouvrir l'image à colorier d'un vernis tel que :

Alcool	100 cc.
Gomme laque blanche	10 gr.

Cette solution, reposée pendant 24 heures et filtrée, est placée dans un vaporisateur à l'aide duquel on en recouvre l'image, jusqu'à

ce que sa surface paraisse légèrement humide. Le vernis est sec au bout de 10 minutes environ, et retient alors facilement les couleurs à l'aquarelle.

Une autre méthode, applicable seulement aux papiers gélatinés, consiste à pousser le tirage ou le développement de manière à obtenir une image beaucoup trop foncée. Plongeant alors l'épreuve dans l'eau chaude, on en fait fondre la gélatine, et il ne reste plus sur le papier qu'une très faible image, insuffisante pour ne recevoir qu'une légère enluminure, mais sur laquelle l'artiste pourra exécuter une peinture avec tout son modelé.

Quant au papier à la celloïdine, il ne faut y appliquer des couleurs à l'eau qu'après y avoir étendu quelques gouttes d'essence de térébenthine dont on fait ensuite évaporer l'excès à une douce chaleur. Pour que la couleur ne devienne pas terne en séchant, mais conserve son brillant, il est bon d'y ajouter un peu de sirop de gomme ou d'albumine.

3. *Colorants en solutions.* — Les colorants solubles, tels que ceux désignés sous le terme générique de *couleurs d'aniline,* s'appliquent assez facilement sur les épreuves. Les couleurs solubles dans l'alcool prennent bien sur les surfaces collodionnées; celles que l'on prépare en solutions aqueuses s'appliquent facilement sur la gélatine et sur l'albumine. C'est d'ailleurs à l'aide de ces substances que sont coloriés les diapositifs destinés à la projection ou à la stéréoscopie. Ces colorants font un très bel effet sur les images vues par transparence, mais sur les papiers destinés à être examinés par réflexion l'effet est souvent lourd et criard, quand la couleur est déposée au-dessus de l'épreuve. Il est préférable de colorier les épreuves *par le dos.* On se sert alors de colorants solubles dans l'alcool. L'épreuve est placée, avant d'être collée, sur un pupitre à retouche, l'image en dessous, visible par lumière transmise à travers le papier. La couleur est appliquée au dos, et la solution alcoolique traverse le papier de part en part, mais ne pénètre pas la gélatine. Le coloris joue ainsi sous l'image photographique, et l'effet en est singulièrement adouci, les petites défectuosités disparaissant sous l'image, qui conserve ses moindres détails sans rien perdre de son modelé.

OUVRAGES A CONSULTER

GANICHOT, *Retouche des épreuves*, 3e édition, Paris (Ch. Mendel).
VAN KARL, *la Miniature photographique*, Paris (Gauthier-Villars), 1894.
KLARY, *l'Art de retoucher en noir les épreuves positives sur papier*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.
KLARY, *Traité pratique de la peinture des épreuves photographiques*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.
G. MERCATOR, *Anleitung zum Kolorieren photographischer Bilder jeder Art mittels Aquarell-, Lasur-, Oel-, Pastell-, und anderen Farben*, Halle a/S. (W. Knapp).
A. SCHAEFFNER, *la Fotominiatura*, Paris (Gauthier-Villars), 1891.

CHAPITRE XIV

LES DIAPOSITIFS

Notions générales. — On appelle *diapositifs* ou *images diapositives* (du grec διά, à travers) les photographies destinées à être vues par transparence, comme les vitraux. On peut utiliser, à cet effet, tous les procédés qui servent à exécuter des épreuves sur papier. Ainsi, il est facile de sensibiliser une plaque de verre enduite de gélatine en la plongeant dans des solutions de ferricyanure de potassium et de citrate de fer : on obtient ainsi une épreuve transparente bleue. Le procédé au charbon fournit de très belles images transparentes inaltérables : le papier mixtionné est alors transféré sur une plaque de verre. Néanmoins, ces procédés ne sont utilisés que très exceptionnellement, et, en pratique, on s'en tient presque exclusivement au gélatinobromure. Il est facile d'obtenir un positif transparent sur une plaque sensible ordinaire, soit en l'impressionnant au châssis-presse sous un cliché négatif, soit en l'exposant dans la chambre noire si l'on veut obtenir une reproduction réduite ou amplifiée. Dans ce cas, le cliché est placé en avant de l'objectif, derrière un verre dépoli qui tamise la lumière et l'éclaire d'une manière uniforme. Une chambre à trois corps (fig. 1) est très commode pour cette opération : l'objectif est placé sur le cadre du milieu, et le cadre antérieur porte une série d'intermédiaires, de façon à recevoir les clichés de divers formats. Le soufflet antérieur empêche la lumière d'arriver à l'objectif ailleurs que par le cliché.

Les plaques rapides ne sont que rarement utilisées à cette application. Leur grain ne permet pas d'obtenir des images très fines, et quelques-uns des détails du phototype risquent d'être perdus. Aussi fabrique-t-on des plaques spécialement préparées pour l'exécution des diapositifs. Leur émulsion, peu mûrie, est relativement

lente, mais ce défaut de sensibilité n'offre aucun inconvénient, et les images qu'elles fournissent sont d'une remarquable finesse. Ces plaques servent à obtenir les diapositifs destinés à la projection, au stéréoscope ou au montage dans des verrières, sous forme de vitraux. Le ton de ces images diffère suivant le temps de pose et la composition du révélateur. On le modifie, du reste, à l'aide de divers virages. Nous citerons, à titre d'exemple, le mode de traitement des plaques Lumière. La société Lumière fabrique deux sortes de plaques pour diapositifs : les plaques à tons noirs et les plaques à tons chauds.

Plaques à tons noirs. — Ces plaques sont plus lentes que celles qui servent à l'exécution des clichés, mais leur sensibilité est cependant assez grande pour qu'il soit nécessaire de ne les manipuler qu'en lumière rouge ou verte. Elles sont indifféremment applicables aux impressions par contact, par réduction ou par agrandissement. Par contact, sous un cliché de densité moyenne placé à 50 centimètres d'un bec de gaz papillon, la durée du tirage est approximativement de 5 secondes. Le temps de pose est naturellement beaucoup plus long, quand la plaque est impressionnée dans la chambre noire : il varie, comme toujours, suivant l'intensité de la lumière et l'ouverture de l'objectif.

Tous les révélateurs conviennent au développement de ces plaques, mais le diamidophénol leur est particulièrement favorable. Le ton obtenu est un beau noir bleuté, que l'on peut modifier par les virages qui seront indiqués plus loin. Le fixage est le même que dans les procédés négatifs.

Plaques à tons chauds. — Ces plaques sont assez lentes pour qu'on puisse les manipuler à la clarté d'une lampe ordinaire, pourvu qu'elles en soient éloignées d'au moins 3 ou 4 mètres. Toutefois, il vaut mieux se servir d'une lanterne à verre jaune. L'émulsion supporte des écarts de pose très considérables; ainsi, le tirage par contact à 10 centimètres d'un bec papillon peut varier de 15 secondes à 15 minutes, mais la tonalité de l'image varie suivant son degré d'impression. Pour obtenir des résultats constants, le mieux est d'employer pour source de lumière un ruban de magnésium dont on fait brûler une longueur déterminée à une certaine distance du châssis.

Si l'on fait brûler 6 centimètres de ce ruban (dont la largeur est de 2,5 millimètres) devant un cliché de densité moyenne, on obtiendra un ton sépia chaud, si le châssis est placé à 30 centimètres du foyer lumineux. Si on rapproche le châssis-presse, les tons deviendront de plus en plus chauds, jusqu'aux tons sanguine et jaune-rouge. Si, au contraire, on l'éloigne, la tonalité de l'image tendra au vert. Ces nuances sont celles que l'on obtient en développant la plaque dans le révélateur suivant, dont il faut éviter de modifier la formule :

Eau	1.000 cc.
Hydroquinone	10 gr.
Sulfite de soude anhydre	50 —
Carbonate de potasse pur et sec	2 —
Solution de bromure de potassium à 10 p. 100.	10 cc.

Le développement s'accomplit lentement. L'image commence à se montrer au bout de 3 ou 4 minutes et passe successivement par les tons jaune, rouge, sanguine, brun, sépia, vert-jaune et vert. En même temps, son intensité s'accroît graduellement et atteint la valeur voulue après un laps de temps qui varie de 4 à 10 minutes, suivant la durée de la pose. Le fixage s'effectue comme d'habitude.

La densité du cliché influe sur la tonalité du diapositif. A temps de pose égal, on n'obtiendra pas avec un cliché doux le même ton qu'avec un cliché vigoureux. Le fixage modifie légèrement le ton réalisé au développement. Il en est de même du séchage.

Si le ton obtenu n'est pas satisfaisant, il est facile de le modifier par un virage.

Virages. — Après l'élimination complète de l'hyposulfite par des lavages abondants, la couleur de l'image diapositive peut être modifiée par l'un des procédés suivants.

Virage à l'or. — On obtient des tons violacés, d'un aspect très agréable, en immergeant la plaque dans un bain de virage-fixage semblable à celui dont on se sert dans le traitement des papiers au citrate.

Virage aux sels de fer. — On obtient une image bleu de Prusse en passant le diapositif d'abord dans une solution de ferricyanure de potassium à 5 pour 100, dans laquelle les noirs deviennent

blanc jaunâtre, puis en lavant la plaque et en l'immergeant dans une solution de citrate de fer ammoniacal à 1 pour 100.

Virages à l'urane. — On peut obtenir des tons très variés, en combinant les solutions suivantes :

A.	Eau	100 cc.
	Ferricyanure de potassium	1 gr.
B.	Eau	100 cc.
	Acide azotique	0 cc. 5
	Azotate d'urane	1 gr.
C.	Eau	100 cc.
	Citrate de fer ammoniacal	1 gr.
D.	Eau	100 cc.
	Molybdate d'ammonium	1 gr.
	Acide azotique	1 goutte.

Les teintes réalisées sont indiquées dans le tableau ci-après :

TEINTE	SOL. A	SOL. B	SOL. C	SOL. D
Sépia	50 cc.	100 cc.		
Brun-rouge	50 —	70 —		
Rouge vif	50 —	50 —		
Vermillon	50 —	40 —		
Bleu	50 —		75 cc.	
Vert-bleu	50 —	15 —	75 —	
Vert-olive	50 —	30 —	50 —	
Vert pur	50 —	50 —	50 —	
Brun-rouge	50 —			50 cc.
Brun-sépia	40 —			50 —

Tous ces mélanges sont sensibles à la lumière; aussi ne faut-il procéder au virage qu'à un jour faible. La plaque virée est lavée d'abord dans de l'eau acidulée par quelques gouttes de vinaigre, puis dans l'eau ordinaire, pendant 10 à 15 minutes. Si les blancs de l'image sont teintés, on les éclaircira en passant la plaque d'abord dans de l'eau contenant quelques gouttes d'une solution saturée de carbonate de soude, puis dans un bain d'hyposulfite à 10 pour 100. On lavera alors de nouveau, pendant 20 minutes.

Virage au cuivre. — Pour obtenir des tons rouge-pourpre très solides, on prépare :

A.	Eau	100 cc.
	Ferricyanure de potassium	10 gr.
B.	Eau	100 cc.
	Sulfate de cuivre	10 gr.
C.	Eau	100 cc.
	Citrate neutre de potassium	10 gr.

Au moment de l'emploi, on ajoute à la solution A d'abord 7 cc. de la solution B, puis 6 cc. de la solution C. L'image passe du noir au brun et au rouge. On termine par un court lavage.

Virage par teinture. — L'argent qui constitue l'image diapositive peut être transforme, comme on l'a vu dans le chapitre XII, soit en iodure d'argent, soit en ferricyanure double d'argent et de plomb. Ces composés constituent des mordants tinctoriaux susceptibles de fixer divers colorants.

Coloriage. — Le coloriage des diapositifs a perdu beaucoup de son intérêt depuis l'invention des plaques à filtres trichromes, qui permettent de réaliser, directement et par des manipulations peu compliquées, la reproduction exacte des couleurs. Néanmoins, on recourt encore quelquefois à la mise en couleurs de certains diapositifs monochromes. On se sert dans ce but de couleurs transparentes solubles dans l'eau, comme le violet de méthyle, le bleu diamine, le vert malachite, l'acide picrique, l'orangé d'aniline, l'éosine, la fuchsine, l'érythrosine, etc.

Ces solutions colorantes sont passées sur la gélatine en teintes plates, sans se préoccuper du modelé, exclusivement constitué par les demi-teintes de l'image photographique. On se sert de pinceaux d'aquarelle de bonne qualité. Il faut en avoir au moins deux, l'un très fin et l'autre assez gros, mais à pointe effilée.

Avant d'étaler une teinte plate assez large, il convient de mouiller la couche gélatineuse et de l'éponger ensuite doucement. La couleur prend alors d'une manière plus uniforme sur cette surface moite. Au contraire, pour colorier des détails très délicats, il vaut mieux appliquer le pinceau sur la couche sèche.

Montage. — Le montage des diapositifs consiste à appliquer une plaque de verre sur la couche gélatineuse parfaitement sèche et à maintenir les deux plaques en collant tout autour une bande de papier noir.

Les diapositifs destinés à la projection sont doublés d'une plaque

de verre ordinaire, dont le but est seulement de protéger l'image contre tout frottement. On intercale généralement entre les deux verres une feuille de papier noir découpée de manière à limiter le tableau par un encadrement. Les paysages sont généralement présentés dans un cadre carré; les reproductions microscopiques sont, au contraire, presque toujours limitées par un cercle. Si le format du diapositif est plus petit que celui du passe-cliché, on peut le monter sur un carton évidé ou sur une plaque de verre du format voulu, en l'y maintenant à l'aide de papier gommé.

Les diapositifs destinés à l'examen stéréoscopique, ainsi que ceux qui doivent être encadrés comme des vitraux, sont doublés d'un verre dépoli, qui donne du corps aux demi-teintes. On peut cependant employer un verre ordinaire, en appliquant un vernis dépoli sur l'une des deux plaques. Enfin, certaines plaques diapositives, telles que les *plaques opalines*, de Guilleminot, dont l'émulsion contient une résine, dispensent de l'emploi d'un verre dépoli et de l'application d'un vernis.

OUVRAGES A CONSULTER

H. Fourtier, *les Positifs sur verre*, 2e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1907.
L. Tranchant, *les Positives pour projections*, Paris (Ch. Mendel).

CHAPITRE XV

POSITIFS DIRECTS ET CONTRETYPES

Positifs directs par réflexion. — Le daguerréotype donnait directement des images positives par réflexion, mais seulement sous une certaine incidence. Les clichés sur collodion donnent une image négative par transparence et positive par réflexion, quand la plaque est adossée à une surface noire. C'est sur cette propriété qu'est basé le procédé *ferrotype,* encore en usage chez les forains qui livrent en quelques minutes des portraits sur tôle. Le collodion est coulé sur des feuilles de tôle enduites d'un vernis noir, et l'image se détache en blanc, ou plus exactement en gris-perle, sur le fond sombre. Ces images sont dépourvues d'éclat, mais bien détaillées et très fines. Du reste, leur principal avantage est leur extrême bon marché.

Généralement, ces portraits ferrotypes, de très petit format, sont exécutés à l'aide d'un appareil muni de plusieurs objectifs. Un obturateur à volets ouvre et ferme tous ces instruments simultanément, et la plaque de tôle collodionnée contient ainsi plusieurs images, qu'il suffit ensuite de découper aux ciseaux.

Avec le gélatinobromure, les révélateurs habituels donnent quelquefois une image légèrement visible par réflexion : dans ce cas, cette image, négative par transparence, apparaît en positif quand on l'examine par réflexion, devant un fond noir, mais ce positif est très faible. Cependant, certains révélateurs appliqués au gélatinobromure fournissent des images présentant le double aspect des clichés au collodion. Ce sont la paraphénylènediamine et l'orthoamidophénol employés en présence du sulfite de soude seul. Le premier de ces révélateurs a pour formule :

Eau	1.000 cc.
Paraphénylènediamine	10 gr.
Sulfite de soude anhydre	60 —

Le second est composé suivant les mêmes proportions, c'est-à-dire à raison de 10 gr. d'orthoamidophénol et 60 grammes de sulfite anhydre pour 1 litre d'eau.

Ces révélateurs ne s'appliquent qu'à des clichés notablement surexposés et agissent lentement. L'image, développée en 20 ou 30 minutes, est brunâtre par transparence et grise par réflexion.

On obtient des positifs plus brillants sur plaques au gélatino-bromure en transformant l'argent de négatifs vigoureux en un composé blanc opaque. Ainsi, dans le procédé connu sous le nom d'*albâtrotypie*, le négatif, développé au moyen d'un révélateur quelconque, fixé et lavé, est plongé dans :

Eau	300 cc.
Bichlorure de mercure	10 gr.
Acide chlorhydrique	15 —
Chlorure de sodium	5 —
Sulfate de fer	5 —

Quand les noirs sont entièrement devenus blancs, on lave et on fait sécher. On enduit ensuite la couche de gélatine d'un vernis noir.

Ces positifs sont d'un très bel effet, bien détaillés dans les demi-teintes, mais un peu ternes, car les blancs, une fois secs, ne sont plus que gris clair.

On obtient des blancs plus francs en transformant les opacités de l'image en ferrocyanure de plomb. Il faut pour cela un négatif très intense, très poussé au développement, présentant de vigoureux contrastes, et même trop dur pour les tirages habituels. Ce négatif est blanchi dans :

Eau	100 cc.
Ferricyanure de potassium	6 gr.
Azotate de plomb	4 —
Acide acétique	5 ou 6 gouttes.

Quand la plaque se montre entièrement blanche, ou plutôt jaunâtre, des deux côtés, on la lave soigneusement. Presque toujours, l'image positive par réflexion sort du bain précédent empâtée dans une sorte de voile jaune. On la plonge alors dans une solution de sulfite de soude à 10 p. 100, où elle devient parfaitement blanche. Il arrive même souvent qu'elle est trop pâle. Pour bien juger de la vigueur du positif, il faut l'examiner dans une cuvette noire, ou,

si la cuvette est blanche, en garnir le fond d'un morceau de papier noir ou de toile cirée. Si l'image paraît, dans ces conditions d'examen, peu vigoureuse, avec des blancs empâtés, on ajoute à l'eau de la cuvette une petite quantité d'hyposulfite de soude. Ce sel dissout le ferrocyanure qui constitue les blancs opaques de l'image : il rend plus transparent le négatif observé par lumière transmise, et plus sombre le positif examiné sur un fond noir. Il faut donc en surveiller attentivement l'effet, car, si on le laissait agir trop longtemps, l'image finirait par disparaître complètement. On lave ensuite, on fait sécher, et on enduit d'un vernis noir.

Les positifs obtenus de la sorte sont très beaux tant que la gélatine est mouillée ; l'éclat des blancs est extrêmement remarquable, et les moindres demi-teintes sont rendues avec une rare finesse. Au séchage, l'image est un peu plus terne, et on ne peut lui rendre son éclat primitif qu'en la mouillant de nouveau.

Il va sans dire que cette image, positive par réflexion sur un fond noir ou de couleur foncée, se montre négative quand on l'examine par transparence. Nous allons maintenant rencontrer des méthodes qui permettent d'obtenir directement des images positives par transparence. On a ainsi des *diapositifs directs,* ou, plus exactement, des *contretypes,* c'est-à-dire des images de même sens que le modèle qui a servi à les impressionner. Un cliché négatif donnera donc une image négative, et un original positif donnera un diapositif.

Contretypes au gélatinobromure bichromaté. — Une plaque au gélatinobromure d'argent quelconque (même voilée) est plongée pendant 2 ou 3 minutes dans une solution de bichromate de potasse à 3 p. 100 et mise ensuite à sécher, à l'abri de la lumière et de la poussière. Une fois sèche, on la met dans un châssis-presse, en contact avec le négatif ou le diapositif dont on désire obtenir un contretype, gélatine contre gélatine, et on expose à la lumière jusqu'à ce qu'une faible image soit visible au dos.

On lave la plaque pendant 10 à 15 minutes, afin d'en éliminer le bichromate, on la plonge dans un révélateur et on porte la cuvette en pleine lumière. La gélatine bichromatée devient imperméable à l'eau, sous l'action de la lumière. Il en résulte que les parties de la plaque qui ont été protégées de l'action lumineuse

par les opacités du cliché seront noircies par le révélateur, puisque le développement est effectué en pleine lumière, tandis que les parties qui ont été impressionnées sous les transparences du cliché resteront blanches, puisqu'elles n'absorbent point le révélateur. Les demi-teintes n'étant que partiellement imperméabilisées absorbent lentement le révélateur et ne sont que faiblement noircies.

Le développement dure assez longtemps. La couche se couvre fréquemment de marbrures, mais, comme elles restent superficielles, il ne faut pas s'en préoccuper. Quand l'image a acquis l'intensité voulue, on lave et on procède au fixage à l'hyposulfite, qui est aussi très lent.

L'image obtenue de cette manière a la même apparence que le cliché dont elle provient : elle est donc négative si le cliché est un négatif, et positive si c'est un positif. Mais elle n'est pas identique à la première : elle lui est symétrique, c'est-à-dire que l'image y est vue comme dans un miroir. Le portrait d'un militaire, par exemple, montrerait le modèle avec l'épée du côté droit. Cette particularité est précisément utilisée dans certains procédés qui nécessitent le retournement du cliché, comme le procédé au charbon par simple transfert et les tirages photomécaniques.

La méthode qui vient d'être décrite permet d'utiliser des plaques au gélatinobromure accidentellement mises hors d'usage par l'action de la lumière. Elle est trop lente pour être appliquée aux reproductions réduites ou amplifiées, et ne convient qu'aux reproductions à taille égale, exécutées par contact dans le châssis-presse. Les procédés suivants s'appliquent également aux reproductions par contact ou dans la chambre noire

Contretypes par surexposition. — Lorsqu'une plaque au gélatinobromure est très fortement surexposée, l'image que fait apparaître le révélateur est parfois positive et non plus négative. Toutefois, il est impossible d'obtenir par cette méthode des résultats constants, du moins avec les émulsions usuelles.

Il n'en est pas de même si l'on emploie une plaque *Intensive*, dont l'émulsion contient diverses substances additionnelles, telles que l'ésérine, la morphine, etc. M. Mercier a indiqué le moyen d'obtenir à coup sûr des contretypes en employant en pleine lumière

une plaque de ce genre. Bien que l'émulsion de l'*Intensive* soit très sensible, la mise en châssis, le développement et le fixage s'effectuent au grand jour. Il est même nécessaire que la plaque soit voilée des deux côtés, car c'est ce voile qui produira les noirs du contretype, tandis que les blancs seront déterminés par la partie de ce voile qui sera détruite par la surexposition des parties exposées sous les transparences du cliché.

L'exposition sous un cliché de densité moyenne pourra varier de 1 à 5 minutes, à l'ombre. Si on remplace la lumière du jour par celle du magnésium, on brûlera environ 1 mètre à 1 m. 50 de ruban de magnésium à 20 centimètres du châssis.

Le développement s'effectue à l'aide d'un révélateur ralenti par addition de bromure de potassium. On a ainsi un contretype sans voile dans les blancs. L'image monte d'autant moins vite que l'exposition au jour a été plus longue, et on l'aperçoit alors d'autant moins par réflexion. Il faut donc l'examiner par transparence, en plaçant la plaque devant une lampe. Quand on la juge assez développée, on lave et on fixe comme d'habitude.

On obtient aussi des contretypes sur des plaques ordinaires normalement exposées, en laissant pénétrer la lumière dans le laboratoire pendant le développement. Mais ce procédé est d'une application délicate et réussit rarement au gré de l'opérateur. Il arrive trop souvent que l'inversion n'est que partielle et que l'image est en partie négative et en partie positive.

Contretypes par inversion. — Ce procédé, quoique un peu plus compliqué en apparence que les précédents, leur est cependant préférable, parce qu'il conduit à des résultats certains, sans présenter d'ailleurs aucune difficulté d'application. Une plaque au gélatinobromure, impressionnée comme à l'ordinaire, soit dans la chambre noire, soit dans un châssis-presse, est d'abord développée dans un révélateur quelconque. Quand le négatif ainsi révélé a acquis l'intensité voulue, on lave la plaque, puis, au lieu de la fixer dans l'hyposulfite, on la plonge dans un bain susceptible de dissoudre l'argent constituant l'image, sans attaquer le bromure d'argent. On emploie généralement, à cet effet, soit l'acide permanganique, soit l'acide chromique. Ce dernier se conserve mieux. On le prépare facilement, en prenant :

Eau	100 cc.
Bichromate de potasse	0 gr. 5
Acide sulfurique à 66°	10 gouttes.

Cette quantité suffit pour une plaque 13×18. Le bain ne doit servir qu'une seule fois. L'argent s'y dissout rapidement. Quand l'image a disparu, on lave la plaque, on la laisse pendant 2 ou 3 minutes dans une solution de sulfite de soude à 5 pour 100, puis on lave de nouveau, en pleine lumière.

Si on examine alors la plaque par transparence, on reconnaît que le négatif s'est transformé en positif, mais ce dernier est faible, car ses opacités ne sont constituées que par le bromure d'argent resté inattaqué dans le révélateur. Quant aux parties transparentes, ce sont celles qui étaient primitivement noires : les opacités qui constituaient le négatif ayant été dissoutes il n'est plus resté que la gélatine.

Pour donner à la nouvelle image, inverse de la première, toute son intensité, il suffit de plonger la plaque dans un révélateur quelconque, qui noircira le bromure d'argent. Si l'émulsion est très épaisse, il est nécessaire de surveiller ce second développement et de l'arrêter aussitôt que le positif a acquis la vigueur voulue. On lave alors et on fixe dans l'hyposulfite. Cette dernière opération est inutile quand l'émulsion est très mince. Il suffit, dans ce cas, de laisser agir le révélateur jusqu'à ce que tout le bromure soit noirci. Nous verrons qu'il en est ainsi pour les plaques employées dans la photographie des couleurs (autochromes, omnicolores, etc.).

Quand l'épaisseur de l'émulsion n'est pas uniforme sur toute l'étendue de la plaque, la méthode qui vient d'être décrite fournit des images inégales, plus foncées en certains points de la plaque, plus transparentes ailleurs. On y remédie en limitant de la façon suivante l'impression lumineuse qui va produire l'image positive. Le premier développement est effectué comme d'habitude. On lave ensuite la plaque, et, si l'envers n'est pas enduit d'un anti-halo, on la pose sur une étoffe noire ou sur un carton noir. Tenant le tout verticalement, on fait brûler, à 50 centimètres de distance environ, de 5 à 10 centimètres de ruban de magnésium. Pendant cette exposition, la première image a fait écran, et le bromure d'argent se

trouve impressionné, sur chaque point de sa surface, proportionnellement aux transparences du négatif, quelle que soit l'épaisseur de la couche. On continue alors les opérations à l'abri de la lumière actinique. C'est donc à la lueur de la lanterne du laboratoire que la plaque est passée dans le bain de bichromate acide, dans le sulfite de soude, dans le second révélateur et dans le fixateur.

Phototégie. — En 1897, Liesegang signalait une singulière propriété du persulfate d'ammoniaque. Si l'on immerge un phototype dans une solution concentrée de ce sel et qu'on l'y laisse jusqu'à blanchiment complet, on remarque que la gélatine qui contenait primitivement l'argent réduit par le révélateur est devenue d'une fragilité extrême. En effet, si, après avoir sommairement rincé la plaque, on la plonge dans l'eau tiède, ou même si on l'échauffe légèrement par le frottement de la main, on enlève facilement des épaisseurs de gélatine proportionnées aux opacités de l'image primitive. On a ainsi une image en relief, et, si l'on plonge la plaque dans un bain colorant, la gélatine absorbant ce dernier proportionnellement à son épaisseur, on aura une image en couleur. Cette dernière image sera positive, si l'image primitive était négative. L'image teinte sera donc de même genre que le modèle : si c'est une plaque impressionnée dans la chambre noire, on aura ainsi un diapositif direct; si c'est une plaque tirée par contact au châssis-presse sous une autre plaque, on en aura un contretype symétrique.

D'autres oxydants agissent à peu près comme le persulfate. Tels sont le sulfate et quelques autres sels titaniques, d'après MM. Lumière et Seyewetz. En 1899, M. Andresen obtenait des reliefs très épais en employant l'eau oxygénée. Cette substance agit d'une façon très différente, suivant sa composition. Si elle est suffisamment concentrée et acide, le dépouillement des opacités s'accomplit en quelques instants, même à froid, et même si la gélatine est durcie dans l'alun. Toutefois, l'action varie suivant les émulsions.

L'auteur de cet ouvrage a étudié cette propriété de l'eau oxygénée et l'a appliquée à un procédé de teinture directe, qui a reçu le nom de *phototégie* (de φωτός, lumière, et τέγγειν, teindre).

Au lieu d'employer au dépouillement l'eau oxygénée du com-

merce, dont la composition est trop variable, il vaut mieux préparer la solution suivante :

Eau	100 cc.
Acide chlorhydrique	10 cc.
Bioxyde de baryum pulvérisé	4 gr.

Il faut éviter l'échauffement de la solution, pendant qu'on la prépare. A cet effet, il est bon de placer dans l'eau froide le flacon qui doit la contenir. On y versera l'eau d'abord, puis l'acide, et enfin le bioxyde, par petites quantités et en agitant de temps à autre. Ce bain peut servir plusieurs fois, mais ne se conserve que quelques jours. En été surtout, il perd vite ses propriétés dissolvantes. Comme il est oxydant et acide, il ne faudra le verser que dans des cuvettes en verre ou en porcelaine.

Les clichés destinés au dépouillement doivent être développés dans un révélateur ne tannant pas la gélatine, ce qui exclut l'emploi du pyrogallol et celui des bains contenant du formol. L'oxalate ferreux est celui qui donne le meilleur résultat. Après le développement, il n'est pas nécessaire de fixer dans l'hyposulfite. La plaque, sommairement lavée, est mise à sécher ou plongée de suite dans la solution oxygénée.

Certaines émulsions ont une tendance à se soulever dans le bain acide et à se détacher du verre en se dilatant notablement. On évitera cet inconvénient en passant tout autour de la couche, avant de la mouiller, un corps gras, ne fût-ce qu'un morceau de chandelle que l'on appuiera sur la tranche de la plaque.

Il faut agiter la cuvette contenant l'eau oxygénée, afin que le liquide imprègne uniformément la gélatine. Bientôt cette dernière se plisse, aux endroits correspondant aux noirs du négatif, et se soulève. On balance la cuvette et, dès qu'on voit quelques parcelles de gélatine abandonner leur support, il faut se hâter de reverser l'eau oxygénée dans le flacon qui lui est réservé et la remplacer par de l'eau pure. Sans cette précaution, la couche tout entière risquerait, si elle était formée de gélatine très tendre, d'être complètement arrachée du verre.

Une fois la plaque dans l'eau, on achève le dépouillement en agitant la cuvette. Si quelques lambeaux de gélatine restent encore adhérents, le meilleur moyen de les arracher sans abîmer l'image

est de les frôler très légèrement du bout du doigt, en évitant, bien entendu, de les rayer avec l'ongle. Éviter l'emploi des pinceaux, car même les plus souples occasionnent des stries.

Le dépouillement du négatif achevé, on se trouve en présence d'un diapositif constitué par des épaisseurs de gélatine. Si l'on n'a pas fixé le négatif, le bromure d'argent resté dans la couche fournira un diapositif noir très vigoureux par immersion dans un révélateur quelconque. Mais, dans la plupart des cas, il sera préférable d'obtenir un diapositif coloré, en immergeant la plaque dans une couleur en solution aqueuse. L'image étant constituée par des épaisseurs variables de gélatine, le liquide colorant sera absorbé proportionnellement à ces épaisseurs. On aura ainsi une image de n'importe quel ton, et il sera très facile d'exécuter des diapositifs dans des nuances auxquelles il ne serait pas possible d'arriver par les procédés habituels de virage. Toutes les matières colorantes solubles dans l'eau — et il y en a des centaines — sont applicables à ce procédé, soit isolément, soit mélangées. C'est dire que la gamme des tons réalisables est illimitée.

OUVRAGES A CONSULTER

E. Coustet, *les Positifs directs et les Contretypes*, Paris (Ch. Mendel), 1912.
F. Drouin, *la Ferrotypie*, 3e édition, Paris (Ch. Mendel).
H. Gauthier-Villars, *Manuel de ferrotypie*, Paris (Gauthier-Villars), 1891.
L. Tranchant, *les Clichés pelliculaires, contre-types et clichés retournés*, Paris (Ch. Mendel), 1911.

CHAPITRE XVI

LES IMPRESSIONS PHOTOMÉCANIQUES

Historique. — Les premiers essais de gravure par la lumière sont antérieurs à la découverte de Daguerre. C'est de 1813 que datent les tentatives de Nicéphore Niepce pour graver des planches métalliques enduites de bitume et exposées au soleil sous le dessin à copier. La couche sensible, primitivement soluble dans l'huile de naphte, était insolubilisée par la lumière et formait une réserve inattaquable aux acides. Plusieurs gravures sur étain furent exécutées à l'aide de cette méthode.

La rapidité du daguerréotype fit abandonner ces essais, mais on ne renonça pas à multiplier les images fournies par la lumière en les tranformant en planches d'impression. Il semble, d'ailleurs, que ce soit là le but auquel doivent tendre les procédés photographiques, car il n'est pas logique de faire intervenir la lumière pour l'exécution de chaque épreuve, et il serait plus rationnel de transformer directement le phototype en cliché d'imprimerie.

Le docteur Donné fut le premier qui réussit à transformer la plaque daguerrienne en planche propre à la gravure, mais seulement pour des reproductions de dessins au trait. La plaque était soumise à la morsure dans une solution étendue d'acide chlorhydrique, qui attaquait le métal sur les points amalgamés et laissait intacte la couche d'argent. Le relief ainsi obtenu était très faible, et la dureté insuffisante de l'argent limitait le tirage à 40 ou 50 épreuves. Fizeau perfectionna ce procédé, en frottant la planche gravée d'huile grasse qui s'incrustait dans les cavités et ne s'attachait pas aux saillies. On dorait alors celles-ci à l'aide de la galvanoplastie, puis, nettoyant la plaque, on l'attaquait par l'eau-forte, qui pénétrait dans les creux et restait sans action sur les saillies préservées par la dorure. On recouvrait enfin la planche, par la

galvanoplastie, d'une couche de cuivre dont la dureté permettait un tirage assez prolongé. C'était bien long et bien compliqué, pour n'obtenir, en somme, que des reproductions en blanc et noir. Cette méthode, comme la précédente, convenait à des dessins au trait, non à des images à teintes continues, comme les tableaux ou les photographies.

Le 27 août 1855, Alphonse Poitevin faisait breveter ses procédés basés sur les propriétés de la gélatine bichromatée, dont l'emploi avait déjà été indiqué, en 1853, par Fox Talbot. Antérieurement, d'ailleurs, Mungo Ponton avait reconnu que l'acide chromique du bichromate de potasse est facilement réduit par la lumière en présence des matières organiques, et principalement de la gélatine. Paul Pretsch avait également pris, le 1er juin 1855, un brevet relatif à l'emploi de la gélatine bichromatée. Le mérite de Poitevin fut de prévoir les applications multiples des modifications que la lumière fait subir aux matières gommeuses, gélatineuses, albumineuses et mucilagineuses, en présence des bichromates alcalins. Ces substances sont rendues insolubles dans l'eau et la repoussent à la façon des corps gras. De là, plusieurs combinaisons qui ont donné naissance à une foule de procédés de tirage. Si on lave, par exemple, dans l'eau chaude une couche de gélatine bichromatée préalablement exposée au jour sous un négatif, on aura une image formée de reliefs et de creux. On peut donc prendre une empreinte de cette surface, soit par la galvanoplastie, soit par un moulage au plâtre suivi d'un contre-moulage à l'aide d'un alliage métallique. On peut aussi, quand la couche sensible a été coulée sur une plaque métallique, attaquer celle-ci par un acide qui creusera uniquement les parties mises à nu par le dépouillement. On peut, enfin, mouiller simplement à l'eau froide la gélatine impressionnée. L'eau sera repoussée par la couche exposée à la lumière, tandis que la gélatine protégée par les opacités du négatif aura conservé sa perméabilité. Si l'on passe alors, sur cette surface plus ou moins humectée, un rouleau garni d'encre typographique, le corps gras sera repoussé sur les points correspondant aux blancs de l'image, tandis qu'il adhérera aux points représentant les noirs du sujet.

Ces phénomènes, étudiés par Poitevin, ont été le point de départ des perfectionnements qui ont rapidement conduit les procédés

photomécaniques au degré de perfection qu'ils ont atteint aujourd'hui. Les divers genres de gravure autrefois en usage, lithographie, eau-forte, planches sur acier ou sur bois, ont actuellement leur équivalent dans les méthodes photographiques que nous allons analyser : *photolithographie,* à laquelle se rattache la *photocollographie* ou *phototypie; héliogravure* en creux, ou gravure en taille-douce; et *phototypogravure,* ou gravure en relief, que l'on désigne habituellement sous le nom de *photogravure* pour les reproductions de dessins au trait, et sous celui de *similigravure* pour les images à modelé continu.

Phototypes. — Les phototypes à l'aide desquels sont préparées les planches d'impression photomécanique sont généralement exécutés par le procédé au collodion. Jusqu'à ces derniers temps, ce procédé donnait seul des négatifs assez fins et assez brillants pour obtenir des reproductions irréprochables. Les plaques ordinaires au gélatinobromure offraient des surfaces irrégulières qui empêchaient leur contact parfait avec la planche sensibilisée; en outre, le grain de leur émulsion était trop grossier et donnait lieu à des effets de diffusion qui nuisaient à la netteté de la gravure. Ces inconvénients ont pu être évités en coulant des émulsions peu sensibles, mais très fines, sur des glaces bien dressées, et l'on trouve actuellement dans le commerce des plaques spéciales qui joignent à la commodité du gélatinobromure la perfection des résultats que le collodion seul permettait auparavant d'obtenir. Telle est, entre autres, la plaque *Process* de MM. Wratten et Wainwright.

La plupart des procédés photomécaniques exigent un négatif *retourné,* ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte. En effet, si la planche qui va servir au tirage était impressionnée sous un phototype ordinaire, l'image ainsi produite serait vue dans son vrai sens sur la couche sensible de la planche, comme sur une épreuve ordinaire. Par conséquent, l'image imprimée sur le papier à l'aide de cette planche serait inversée, comme si le sujet était vu dans un miroir.

Pour avoir une image redressée, il existe divers moyens. Dans certains procédés d'amateurs, la planche peut être constituée par une couche de gélatine coulée sur une feuille de celluloïd susceptible d'être impressionnée par le verso; on peut, de même, exécuter

le cliché sur celluloïd et l'appliquer par l'envers sur la planche. Mais, dans ces deux cas, l'interposition d'une couche de celluloïd donne à l'image un certain flou, et ces combinaisons ne conviennent pas aux reproductions industrielles, pour lesquelles on s'en tient à l'une des solutions ci-après :

1° Pelliculer le cliché, par un des moyens indiqués au chapitre VIII, et reporter la couche, inversée, sur une autre glace;

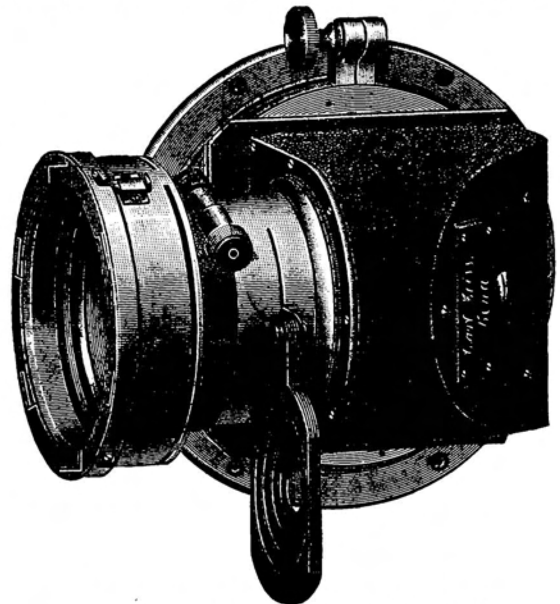


Fig. 102. — Objectif monté sur miroir inverseur.

2° Exécuter un contretype par contact (V. p. 309);

3° Exposer la plaque par le verso, en la mettant dans le châssis verre en avant et gélatine en arrière. Cette disposition nécessite l'emploi de glaces sans défaut, ainsi qu'une légère correction de la mise au point, puisque la couche sensible se trouve reculée d'une quantité égale à l'épaisseur du verre;

4° Placer, en avant ou en arrière de l'objectif, un miroir optiquement dressé (fig. 102) ou, ce qui est préférable, un prisme à

réflexion totale dont la face hypoténuse est argentée (fig. 103). Ce dispositif est le plus généralement adopté dans les ateliers de photogravure, où l'on exécute les planches d'impression soit d'après des dessins, soit d'après des épreuves photographiques sur papier.

La nécessité d'un parallélisme absolu entre le modèle et la plaque sensible oblige à disposer le porte-modèle et la chambre noire soit sur un pont rigide soit sur une voie ferrée. Pour les formats usuels, le pont, ou pied-table (fig. 104), est ordinairement préféré. Quand le sol de l'atelier n'est pas rigoureusement à l'abri des trépidations provenant soit du fonctionnement des outils de l'usine soit de la circulation des véhicules sur la voie publique, il est indispensable d'y remédier, en installant le pont sur des ressorts amortisseurs (fig. 105) ou même en le suspendant à des cordages attachés aux poutres du plafond (fig. 106). On remarquera sur les deux gravures ci-jointes l'orientation de la chambre par rapport au porte-modèle : l'interposition du prisme dévie de 90° l'axe optique principal. La chambre noire se déplace, pour la mise en grandeur de la reproduction, sur une petite voie ferrée, avec entraînement par pignon sur crémaillère en fonte et frein d'arrêt.

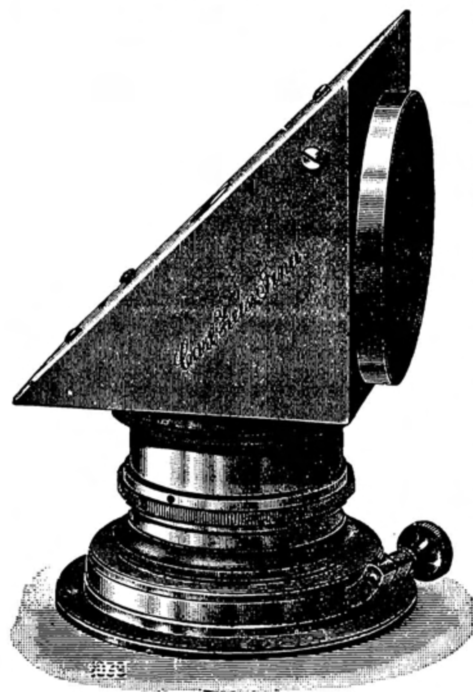


Fig. 103. — Prisme à réflexion totale, placé en avant de l'objectif.

Photocollographie. — Déjà très répandue autrefois dans l'illus-

tration hors texte, la photocollographie, également désignée sous le nom de *phototypie,* doit actuellement un regain de faveur à la vogue des cartes postales. C'est la seule méthode susceptible de produire à très bas prix des images rappelant, par la finesse des détails et la délicatesse du modelé, l'aspect des images photographiques. L'amateur qui se borne à tirer un petit nombre d'épreuves peut parfaitement préparer, sans outillage spécial, une planche

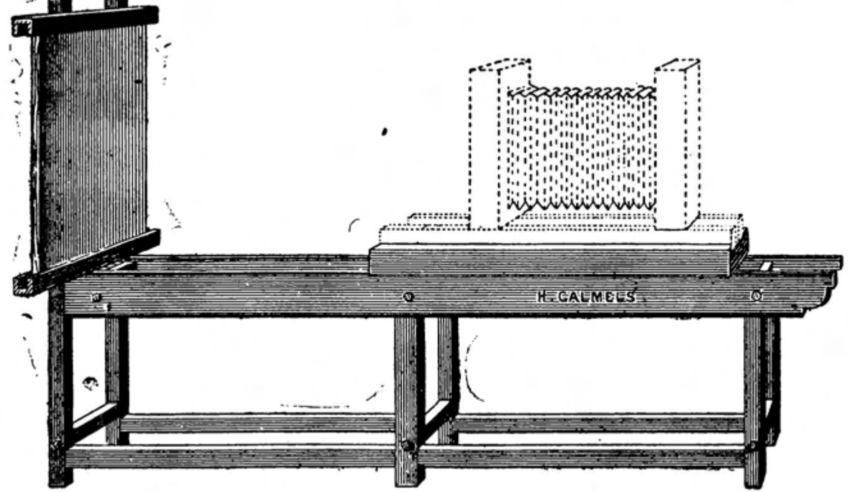


Fig. 104. — Pied-table à reproductions.

phototypique. Il suffit de sensibiliser dans une solution de bichromate une plaque au gélatinobromure (même voilée) ou une pellicule, de la laisser sécher dans l'obscurité et de l'impressionner sous un négatif, jusqu'à ce que les détails se montrent en brun sur le fond jaune de la couche bichromatée. Après un lavage destiné à éliminer le bichromate, la couche mouillée avec un mélange d'eau et de glycérine est prête au tirage. On passe sur cette surface moite un rouleau souple garni d'encre grasse, on y applique une feuille de papier, et l'on soumet le tout à la pression. Une presse très rudimentaire est souvent utilisée : certains opérateurs se contentent d'une presse à copier, ou même d'un châssis-presse.

Mais, pour des tirages d'une certaine importance, ces moyens primitifs ne suffisent plus. Aussi, dans l'industrie, les tirages phototypiques, quoique peu compliqués, nécessitent quelques manipulations complémentaires et un outillage perfectionné. Chaque usine, d'ailleurs, chaque atelier pratique certaines variantes, certains tours de main dont quelques-uns sont tenus secrets. En réalité, ces détails n'ont pas grande importance, et le procédé, tel que nous allons le décrire, conduit à d'excellentes impressions.

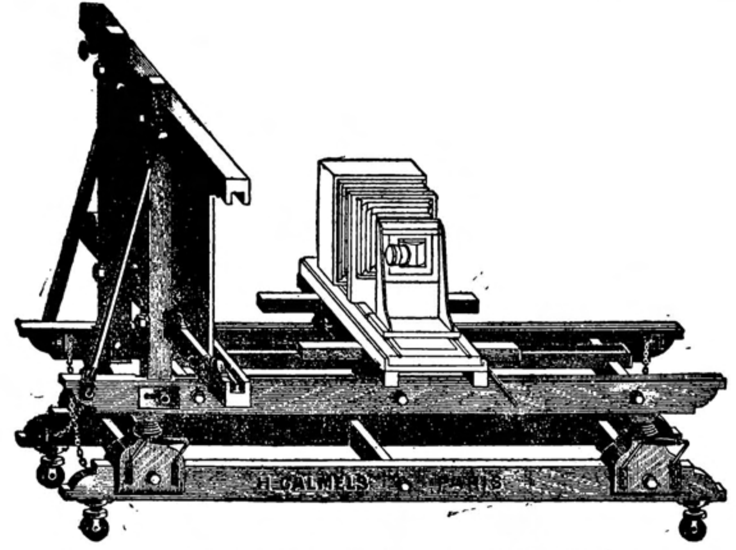


Fig. 105. — Pont à reproduction, monté sur ressorts amortisseurs.

Le support de la couche sensible phototypique était constitué, dans le procédé de Poitevin, par une pierre lithographique. Tessié du Motay y substituait, en 1867, des plaques de cuivre plané et poli. Depuis 1868, on emploie des dalles en verre, indiquées par E. Albert, de Munich.

Ces glaces sont épaisses de 8 à 20 millimètres, suivant leur format. La surface en est parfaitement dressée et finement doucie. Avant d'y couler la couche sensible, on recouvre la plaque,

soigneusement nettoyée, d'une sous-couche ou substratum, généralement composé de :

Bière légère	90 cc.
Solution de silicate de soude à 36° Baumé	10 —

En séchant, cet enduit subit une sorte de granulation superficielle qui, s'ajoutant aux propriétés adhésives du silicate, assurera à la couche sensible une adhérence parfaite.

Pour la préparation de la mixtion sensible, un grand nombre de

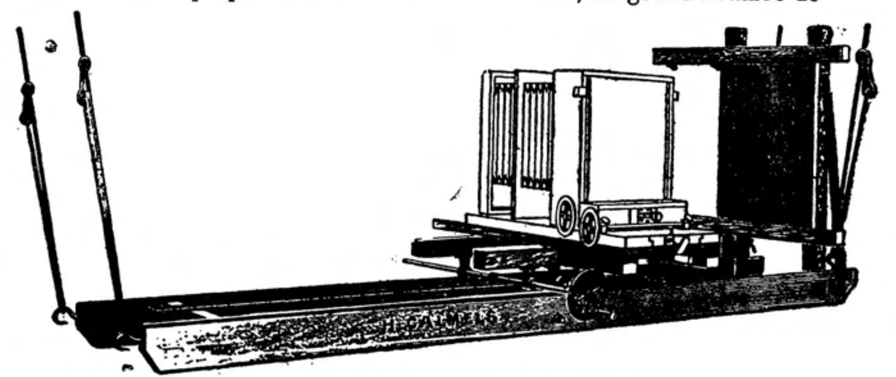


Fig. 106. — Pont à suspension par cordages.

formules ont été proposées, mais elles diffèrent peu les unes des autres, et il suffira d'en citer une :

Eau	200 cc.
Gélatine Nelson dure	6 gr.
Gélatine Drescher tendre	10 —
Bichromate de potasse	3 —

La gélatine, d'abord gonflée dans l'eau froide, est ensuite fondue au bain-marie, puis on y ajoute le bichromate.

Les dalles, posées de niveau sur un support à vis calantes, sont couvertes de cette mixtion chaude et séchées à l'étuve, afin d'éviter la cristallisation superficielle du bichromate qu'occasionnerait une dessiccation trop lente. Les glaces sensibilisées doivent être utilisées au plus tôt : elles ne se conservent guère que deux ou trois jours.

L'impression au châssis-presse (fig. 107) est facile à contrôler, l'image étant légèrement visible à travers la glace, en brun-chocolat sur fond jaune-d'or. Néanmoins, le contrôle est souvent effectué au photomètre.

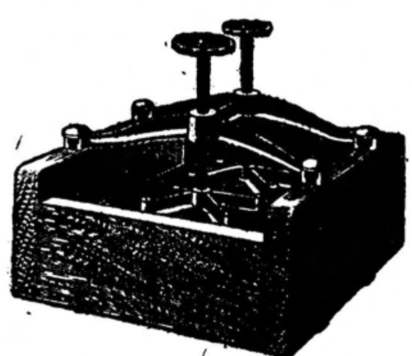


Fig. 107. — Châssis-presse pour photocollographie.

L'insolation achevée, on procède à une seconde exposition, à la lumière diffuse, à travers l'épaisseur du verre, en posant la dalle sur un drap noir, la couche sensible en dessous; on l'expose ainsi de 2 à 5 minutes, suivant l'éclat de la lumière : la couleur brune que prend le bichromate indique le moment où il faut s'arrêter. Cette impression supplémentaire, imaginée par Despaquis, n'est pas indispensable, mais elle ne peut qu'augmenter la solidité de la couche et la finesse des détails; elle accroît l'adhérence de la gélatine à son support et l'empêche de se gonfler outre mesure au mouillage.

La plaque est ensuite lavée dans l'eau plusieurs fois renouvelée, jusqu'à complète élimination du bichromate. On durcit alors la couche en l'immergeant, pendant 5 à 10 minutes, dans une solution d'alun à 2 pour 100. Après un dernier lavage, on peut laisser sécher ou passer directement au bain de mouillage qui doit précéder l'encrage.

Ce bain est un mélange d'eau et de glycérine, dont les proportions varient suivant les auteurs. La moyenne généralement admise est :

Eau	400 cc.
Glycérine pure	600 —

Le mouillage dure plusieurs heures. On éponge ensuite la surface, et l'on cale la dalle sur la presse.

L'encrage, dans l'industrie, s'opère mécaniquement et permet de tirer avec chaque planche plus de 1.500 épreuves par jour. Dans

les procédés d'amateur, l'encrage s'exécute au moyen d'un rouleau à main (fig. 108). L'encre phototypique est une pâte épaisse, à peu près de la consistance du cirage. On en prend avec une spatule une petite quantité, que l'on étend sur une plaque de verre ou de métal. On passe alors sur cette encre le rouleau, constitué par une pâte souple à base de gélatine, et on le pousse devant soi ; on l'enlève ensuite, pour le poser de nouveau au même point de départ et recommencer le même mouvement. On continue ainsi jusqu'à ce que le plateau soit uniformément recouvert d'encre. Le rouleau étant alors bien encré, on le passe sur la planche phototypique et on lui imprime un mouvement de va-et-vient, en ayant soin de recouvrir chaque fois toute la surface impressionnée. En passant le rouleau lentement, la planche se charge d'encre ; en le passant ensuite rapidement, on dégage les blancs et les demi-teintes. Un opérateur habile sait tirer le meilleur parti du sujet, en maniant adroitement le rouleau ; il arrive aussi à varier les effets, en se servant d'encres plus ou moins dures.

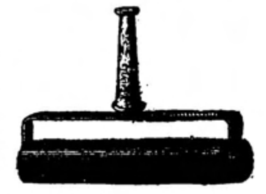
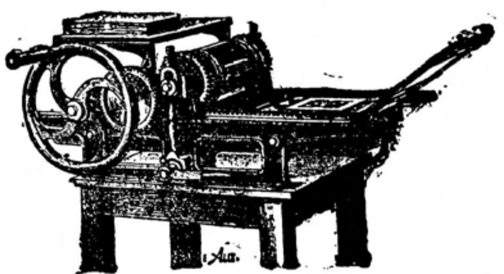


Fig. 108. — Rouleau à main.

La planche une fois encrée, s'il faut ménager des marges, on y place une *frisquette*, c'est-à-dire une feuille de papier découpée formant cache ou encadrement ; on met par-dessus la feuille de papier destinée à recevoir l'image, et l'on fait agir la presse.



Cl. Alauzet.

Fig. 109. — Presse photocollographique.

Cette première épreuve obtenue, on vérifie si les blancs restent purs et si les noirs et les demi-teintes sont fidèlement rendus. Cet examen est-il satisfaisant, il n'y a qu'à continuer le tirage, en renouvelant l'encrage à chaque épreuve. Sinon, il faut rechercher d'où vient le défaut.

Un mauvais cliché ne donnera jamais de bonnes épreuves; de même, si la couche bichromatée a reçu une impression trop courte ou trop prolongée, il serait très difficile d'en tirer un bon parti, et le mieux est d'en préparer une autre. Mais il arrive souvent que la planche, étant excellente, prend trop d'encre ou n'en retient pas assez. Dans le premier cas, elle manque simplement d'humidité : on la lave alors à l'essence de térébenthine et on la mouille de nouveau dans l'eau additionnée de glycérine. Dans le second cas, elle a absorbé trop d'eau : on y remédie en la laissant un peu sécher, après l'avoir nettoyée à l'essence.

Quand l'encrage est bien réglé, on peut tirer plus de 30 épreuves sans mouiller de nouveau. Dès que les images commencent à devenir un peu grises, on nettoie la planche, en pressant une ou deux feuilles sans encrer, puis on y verse du mouillage à la glycérine, qu'on laisse séjourner à sa surface pendant quelques minutes, après quoi on éponge et on recommence l'encrage.

Le tirage achevé, on nettoie la planche, qui pourra servir à de nouvelles impressions. On la frotte doucement avec un petit tampon de linge fin imbibé d'essence de térébenthine, jusqu'à ce qu'il n'y reste plus aucune trace d'encre, puis on enlève l'essence avec un linge sec. On plonge enfin la plaque dans l'eau, où on la laisse séjourner une heure ou deux, et on la fait sécher. On la conservera à l'abri de l'humidité et, lorsqu'on voudra l'utiliser de nouveau, on n'aura qu'à la soumettre au mouillage glycériné, pour qu'elle soit prête à l'encrage.

Photolithographie. — Ce procédé, ordinairement limité à la reproduction de dessins au trait, est fondé sur le même principe que la photocollographie. Un papier recouvert de gélatine bichromatée est exposé à la lumière sous un négatif ordinaire (non retourné). Après lavage, on passe sur la couche impressionnée un rouleau garni d'une encre dite *phototransfert*, spécialement préparée pour les reports lithographiques. Cette encre est vendue toute prête, mais on peut facilement la préparer soi-même, suivant la formule de M. Londe :

Cire	1 gr.
Suif	1 —
Savon noir	1 —

Vernis moyen .... 12 gr.
Térébenthine de Venise 6
Noir de fumée : quantité suffisante pour obtenir un beau noir.

L'encre grasse adhère aux parties rendues imperméables par la réduction du bichromate, tandis qu'elle est repoussée sur les points imbibés d'eau qui correspondent aux blancs de l'image.

Cette impression préliminaire est ensuite reportée sur une pierre lithographique ou sur une plaque de zinc ou d'aluminium, qui constituent la planche définitive. L'épreuve encore humide et souple est posée sur la pierre ou sur le métal; on la recouvre de deux ou trois feuilles de papier, et l'on met le tout sous presse. Au bout de quelques instants, on supprime la pression, on mouille à l'éponge l'envers de l'épreuve, et, quand le papier est bien imprégné d'eau, on peut la détacher : l'encre doit être passée tout entière sur la pierre ou sur le métal.

On recouvre alors la pierre ou le métal d'une solution de gomme arabique, qui s'attache à la surface, excepté sur les parties qui portent le décalque à l'encre grasse. Si l'on passe ensuite un rouleau chargé d'encre lithographique, celle-ci n'adhère qu'aux parties qui ne sont pas mouillées.

Le report n'est pas indispensable. On peut sensibiliser directement une pierre lithographique, en la recouvrant d'albumine bichromatée. Dans ce cas, l'impression exige un négatif retourné, comme en phototypie. Comme le support de la couche sensible est rigide et opaque, le contrôle du tirage exige l'emploi d'un photomètre. La couche impressionnée est légèrement mouillée avec une éponge douce, et l'on y passe un rouleau garni d'encre lithographique. Le corps gras, repoussé par l'humidité, n'adhère que sur les parties rendues imperméables par l'action de la lumière, tandis que les blancs du dessin restent intacts partout où la lumière n'a pas modifié la solubilité de l'albumine, qui joue ici le même rôle que la gomme arabique employée dans la lithographie ordinaire.


Cl. Calmels.

Fig. 110. — Rouleau et mandrin à encrer.

Actuellement, les pierres lithographiques sont presque toujours remplacées par des plaques de zinc ou d'aluminium, plus légères, moins encombrantes, meilleur marché et susceptibles d'être uti-

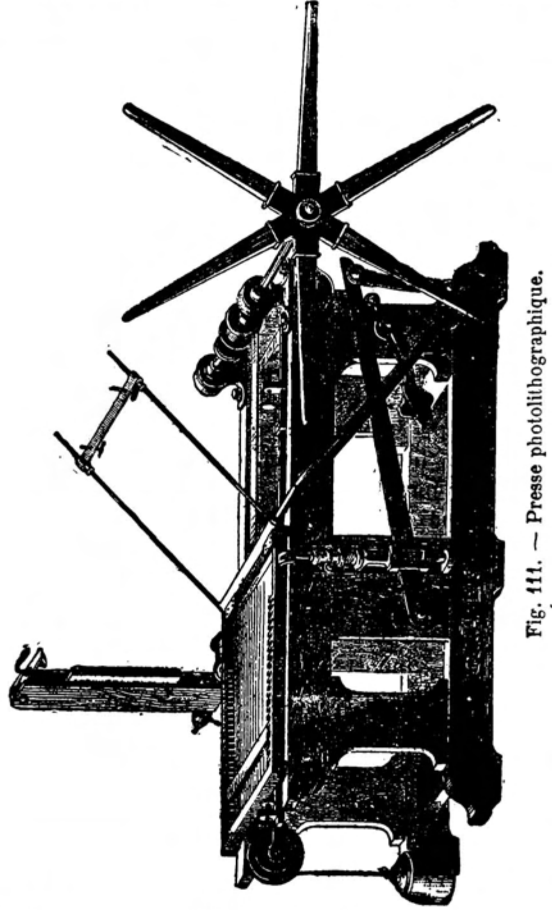


Fig. 111. — Presse photolithographique.

lisées sur les machines rotatives. La plaque est recouverte d'albumine bichromatée ou de bitume de Judée. Après impression, encrage et dépouillement, le métal est mouillé à la gomme, et le

tirage s'effectue suivant les procédés habituels de la lithographie.

La solution gommée dont on recouvre la planche pour qu'elle repousse l'encre grasse n'est pas la même pour les deux métaux. Voici les deux formules ordinairement adoptées :

Pour le zinc :

Eau	1.000 cc.
Gomme arabique	50 gr.
Acide gallique	20 —
Acide phosphorique sirupeux	3 cc.

Pour l'aluminium :

Solution de gomme à 10° Baumé	1.000 cc.
Acide phosphorique sirupeux	15 à 30 —

Nous avons dit que la photolithographie était ordinairement limitée à la reproduction des dessins au trait. Elle ne donne, en effet, que deux tons : le blanc du papier et la couleur de l'encre. Néanmoins, elle est susceptible de reproduire les sujets à modelés continus, à l'aide de certains artifices qui donnent l'illusion des demiteintes, par le rapprochement de lignes ou de points entièrement noirs. A cet effet, on n'a qu'à exécuter le tirage sur pierre, sur métal ou sur papier à report d'après un cliché *tramé*, préparé comme nous l'expliquerons en analysant la similigravure. Certains ateliers arrivent à un résultat analogue à l'aide de clichés à modelés continus, en se servant de planches grainées recouvertes de bitume que la lumière insolubilise plus ou moins profondément. Il résulte de la forme ondulée de la planche que la largeur des points mis à découvert par le dépouillement varie suivant les gradations du modelé. On mouille à l'eau gommée ces points de la surface métallique, on enlève le bitume et l'on passe l'encre lithographique, qui est repoussée par les points humectés.

Héliogravure. — On désigne sous cette dénomination la gravure en creux, analogue à la *taille-douce,* à l'aide de planches obtenues par la photographie. Quand il s'agit de reproduire de simples dessins au trait, ce procédé est d'une réalisation facile, et depuis longtemps on savait obtenir des planches gravées par la lumière. Recouvrons, par exemple, une plaque de cuivre de bitume de Judée,

comme le faisait Niepce, et exposons-la sous un dispositif. Si nous lavons ensuite dans l'huile de naphte la couche impressionnée, le vernis au bitume sera enlevé sur les parties correspondant aux noirs. La plaque étant plongée dans un bain de perchlorure de fer, le cuivre mis à nu sera rongé, et chaque trait du modèle sera représenté par une rainure. Le bitume resté sur la plaque est alors complètement enlevé, on recouvre d'encre toute la surface métallique, puis on l'essuie avec un tampon de linge. La surface est ainsi nettoyée, mais l'encre est restée dans les creux, si bien qu'en pressant fortement contre la planche une feuille de papier préalablement assouplie dans l'eau, l'impression s'effectuera comme dans les procédés chalcographiques (gravure au burin, gravure à l'eau-forte, mezzotinte, aquatinte, etc.).

Mais cette méthode si simple ne convient pas à la reproduction photographique des demi-teintes. Si l'on veut reproduire une image à modelé continu, il est nécessaire de produire un *grain* à la surface de la planche. A cet effet, un grand nombre de moyens ont été proposés. Celui que nous allons décrire et dont on se sert presque exclusivement aujourd'hui fournit de magnifiques impressions. Il est dû à Klic et remonte à 1879 : depuis cette époque, il n'a subi que quelques modifications de détail.

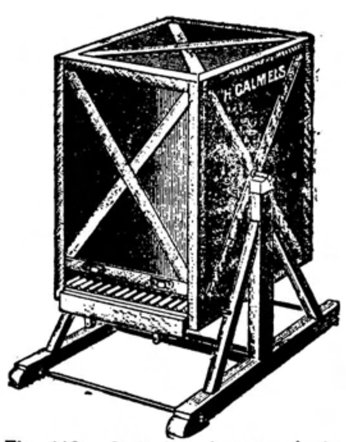


Fig. 112. — Boîte à grainer sur pivots.

La plaque métallique destinée à servir de planche d'impression est quelquefois en zinc ou en acier, mais on préfère ordinairement le cuivre rouge bien martelé et parfaitement plané. La surface en est d'abord dégraissée dans la potasse, puis passée au blanc d'Espagne et soigneusement lavée. Après dessiccation, elle est prête à être grainée.

Cette opération est effectuée à l'aide d'une *boîte à grain* (fig. 112). C'est une caisse cubique, d'environ un mètre de côté, montée sur deux tourillons. Un tiroir s'ouvre sur l'un des côtés. On introduit

par cette ouverture une certaine quantité, un demi-kilo, par exemple, de résine en poudre très fine, ordinairement constituée par un mélange de copal et de colophane. Après avoir fermé l'orifice, on imprime à la boîte un mouvement de rotation rapide, qui a pour effet de la remplir d'un nuage de poudre résineuse. La boîte à grain représentée fig. 113 est fixe, et la résine y est mise en suspension par des palettes à balais, mues de l'extérieur par une manivelle. Dès qu'on arrête le mouvement, les grains de résine commencent à tomber au fond de la boîte, d'abord les plus gros, puis les grains moyens, et enfin les plus fins. Au bout d'une ou deux minutes de repos, il ne reste plus en suspension que les grains d'une extrême ténuité. On ouvre alors doucement le tiroir, on place sur un support disposé à cet effet la plaque à grainer et on referme le tiroir.

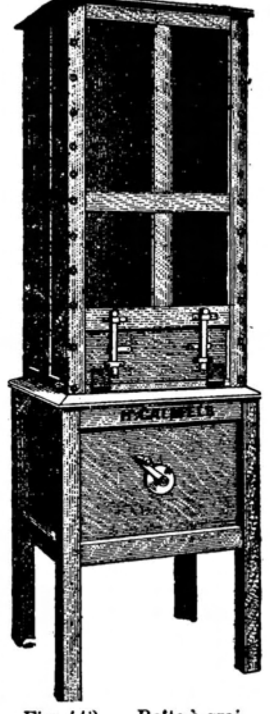


Fig. 113. — Boîte à grainer, modèle à palettes intérieures.

Après un séjour de 20 à 25 minutes dans la boîte, la plaque se trouve recouverte d'une poussière de résine uniformément répandue sur toute sa surface. Il est bon, néanmoins, de l'examiner à la loupe, et, si l'on y découvre la moindre irrégularité (lacunes ou superpositions de grains), il ne faut pas hésiter à recommencer la manœuvre précédente.

Quand le grain est reconnu parfait, on le fixe en chauffant la plaque avec précaution, de facon que la résine soit assez molle pour adhérer au métal, mais sans aller jusqu'à la fusion complète qui permettrait aux grains de se souder et de former une couche continue. Aussi ne faut-il pas dépasser 80° ou 90°.

La plaque grainée est alors recouverte de la solution suivante, à la température de 40° environ :

Eau	1.000 cc.
Gélatine	100 gr.
Bichromate de potasse	20 —

On fait sécher dans l'obscurité, à l'abri de la poussière, et l'on expose à la lumière, *sous un diapositif.* Le contact entre la couche du cliché et celle de la planche doit être parfait sur toute l'étendue de la surface, afin que le tirage fournisse des images nettes. C'est pourquoi on fait usage d'un châssis-presse spécial (fig. 114) muni de vis destinées à régler la pression et à la répartir uniformément sur toute la plaque. Ces vis portent directement sur le dos de la planche, sans interposition de volet ni de feutre.

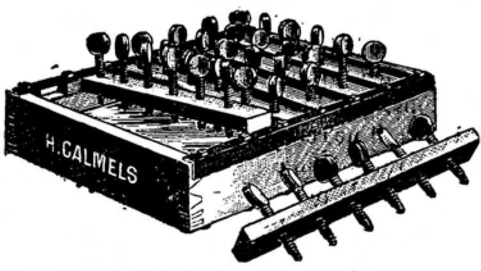


Fig. 114. — Châssis-presse pour héliogravure.

La rigidité de la plaque de cuivre et son opacité empêchent de surveiller directement le tirage. La durée de l'exposition est donc réglée par les indications d'un photomètre. Elle est, en moyenne, de 15 à 20 minutes, sous un cliché vigoureux et par une bonne lumière.

L'impression achevée, on borde la plaque avec des boudins de cire à modeler, de manière à former une sorte de cuvette destinée à contenir le liquide qui va servir à la morsure. On peut aussi recouvrir le dos de la plaque d'un vernis imperméable et la placer dans une cuvette en porcelaine ou en ardoise contenant le mordant.

Le mordant est une solution de perchlorure de fer à 45° Baumé. Ce liquide ne pénètre que difficilement la gélatine bichromatée rendue imperméable par l'action de la lumière. La plaque de cuivre demeure donc inattaquée aux endroits qui correspondent aux blancs de l'image et par conséquent aux parties les plus transparentes du cliché positif. Sur les parties préservées de l'action de la lumière par les opacités du diapositif, la gélatine est restée perméable : le perchlorure traverse donc rapidement cette couche et

attaque le cuivre, mais seulement dans les intervalles séparant les grains de résine. Sous les grains de résine, la surface métallique est protégée contre l'action du mordant. Il en résulte que les noirs du sujet, ainsi que ses demi-teintes, seront représentés sur la planche par une multitude de petites cavités étroitement juxtaposées.

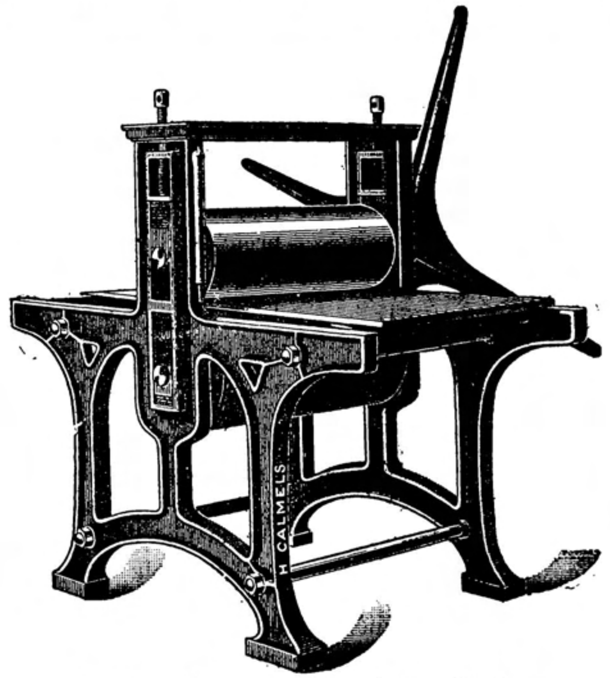


Fig. 115. — Presse pour l'impression en taille-douce.

Ces cavités seront à peine marquées dans les faibles demi-teintes; elles seront un peu plus profondes dans les demi-teintes plus foncées et atteindront, enfin, leur maximum de profondeur dans les grands noirs.

La morsure achevée, on nettoie la plaque à la potasse, à l'eau chaude et à l'essence de térébenthine, de manière à enlever la gélatine et le grain résineux. En examinant la planche au jour, sous

une incidence convenable, on aperçoit très bien l'image : les blancs du sujet sont représentés par la surface métallique parfaitement unie et miroitante, tandis que les ombres sont marquées par un aspect grenu, un pointillé microscopique.

Au lieu de couler la gélatine bichromatée sur la plaque de cuivre, certains ateliers utilisent le papier au charbon. Après l'impression, le papier mixtionné est mouillé, puis transféré sur la plaque grainée. On procède au dépouillement dans l'eau tiède, puis à la morsure. Le perchlorure pénètre la gélatine et atteint le métal d'autant plus rapidement que la couche insolubilisée est moins épaisse.

Le cuivre ne supporte pas un long tirage. Si la planche doit fournir un grand nombre d'épreuves, il faut la recouvrir d'une mince pellicule de fer déposé par galvanoplastie. Cette opération est désignée sous le nom d'*aciérage*.

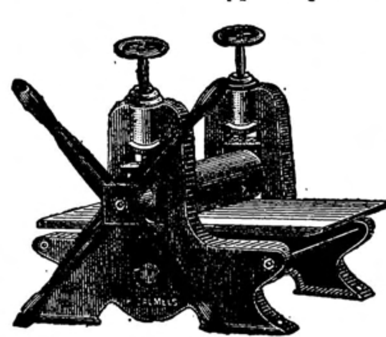


Fig. 116. — Presse d'artiste pour héliogravure.

Le tirage s'effectue sur les presses employées dans la gravure en taille-douce (fig. 115 et 116). Il exige beaucoup de soins et des ouvriers habiles. On encre la planche en la frottant avec un tampon de linge trempé dans l'encre grasse. Quand la plaque est uniformément noire, il faut l'essuyer en y passant avec précaution des tampons de mousseline humectés de potasse. Cet essuyage enlève l'encre déposée à la surface de la planche, mais laisse subsister celle qui a pénétré dans les creux. Ceux-ci sont d'autant plus profonds et retiennent par conséquent d'autant plus d'encre qu'ils correspondent à des parties plus sombres de l'image. La planche bien essuyée donne une idée assez exacte de ce que sera l'épreuve; il est donc facile de se rendre compte si l'encrage est bon ou s'il vaut mieux le recommencer.

Le papier destiné à l'impression est préalablement imprégné d'eau, afin d'être assez souple pour pénétrer dans les cavités micros-

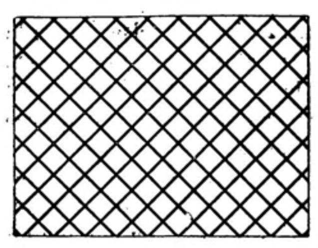
copiques qui retiennent l'encre. Après l'avoir épongé, on le met en contact avec la planche encrée, on pose par-dessus des pièces de flanelle afin de faciliter la pénétration du papier dans les creux de la planche, et l'on fait passer le tout, à deux reprises, sous le cylindre compresseur. Le papier, relevé d'abord par l'un de ses coins, doit emporter toute l'encre de la planche, dont le métal apparaît alors brillant jusqu'au fond des creux. S'il en était autrement, il y aurait quelque chose de défectueux.

Chaque épreuve exige un nouvel encrage suivi d'un essuyage, et, si ces manipulations ne sont pas exécutées avec tout le soin voulu, la meilleure planche ne donnera rien de bon. La lenteur du tirage et l'attention qu'il nécessite expliquent le prix élevé des épreuves tirées en héliogravure. Mais, si ce procédé est relativement coûteux, les résultats splendides qu'il est susceptible de fournir le font choisir dans tous les cas où la question de prix est secondaire. Aucun autre mode d'impression photomécanique n'égale celui-ci pour conserver tous les détails du cliché photographique et en rendre fidèlement les plus délicates demi-teintes. L'éclat des blancs, la richesse du modelé, les noirs profonds dont la vigueur est encore accrue par le velouté du grain, tout contribue à placer l'héliogravure au premier rang des moyens de reproduction photographique. La puissance d'opposition qu'elle permet d'atteindre n'a de comparable que celle de l'eau-forte, et les publications de grand luxe y ont eu recours, pour faire revivre avec toute la perfection désirable les œuvres des grands peintres.

Le coût des épreuves exécutées suivant le procédé qui vient d'être décrit, et qui est le plus répandu, a suggéré divers perfectionnements dont il convient de connaître au moins le principe.

Le sectionnement au grain de résine est souvent remplacé par un sectionnement quadrillé, obtenu par l'emploi d'une trame. Le cliché photographique négatif est reproduit, à la chambre noire, sur une plaque sensible devant laquelle est appliquée une trame à lignes opaques très fines (fig. 117) contenant 100 à 150 lignes au centimètre, dans chaque sens. On a ainsi une reproduction positive du modèle, divisée en cellules limitées par un quadrillage transparent. Un papier au charbon, sensibilisé au bichromate, est exposé à la lumière, sous le cliché positif, puis mouillé, transféré

sur un cylindre en cuivre et dépouillé dans l'eau chaude. Le cylindre est ensuite soumis à la morsure, dans la solution de perchlorure de fer, qui creuse le métal, excepté sur les points protégés par la gélatine insolubilisée sous les parties transparentes de la trame et du cliché. Après nettoyage, le cylindre est monté sur une presse rotative où l'encrage est automatiquement effectué par des rouleaux, et l'essuyage par une lame d'acier animée d'un mouvement de va-et-vient.



Cl. Calmels.

Fig. 117. — Trame pour héliogravure.

Photogravure. — Les procédés qui viennent d'être décrits ont un défaut commun : ils ne sont applicables qu'aux tirages hors texte, ce qui en limite singulièrement l'emploi. Pour tirer une gravure en même temps que le texte, il faut des clichés formés de lignes ou de points en relief et creusés assez profondément pour que l'encrage s'effectue de la même manière que sur les caractères typographiques. Autrefois, l'illustration dans le texte utilisait la gravure sur bois, qui exigeait des artistes habiles et coûtait très cher. Aujourd'hui, le travail du graveur est à peu près complètement supprimé par la gravure photographique, et l'intervention du dessinateur lui-même se fait de plus en plus rare.

On désigne sous le nom de *photogravure* l'exécution par les procédés photographiques de planches reproduisant en relief les traits d'un dessin. Pour la reproduction des sujets à demi-teintes (photographies, tableaux à l'huile, lavis, etc.), on a recours à la *similigravure,* qui sera analysée dans le paragraphe suivant.

La phototypogravure au trait est due à Charles Gillot, dont le père, Firmin Gillot, avait créé, en 1850, un procédé de gravure sur zinc, appelé *paniconographie,* permettant de reproduire typographiquement un dessin et d'exécuter des clichés analogues à ceux de la gravure sur bois sans l'intervention du graveur. C'est en combinant la paniconographie avec l'invention de Niepce, que Charles Gillot réalisa les procédés de photogravure au trait, tels, à peu près, qu'on les pratique encore actuellement.

Les clichés de trait sont presque toujours exécutés sur zinc. On

se sert de plaques d'environ 2 millimètres d'épaisseur, parfaitement polies et dégraissées. La couche sensible, primitivement constituée par du bitume de Judée, est maintenant presque toujours composée d'albumine bichromatée, qui permet d'obtenir les mêmes résultats beaucoup plus rapidement. Voici, à titre d'exemple, une des nombreuses formules de sensibilisation applicables à ce procédé :

Eau....................................	1.000 cc.
Albumine sèche............................	20 gr.
Bichromate d'ammoniaque..................	15 —

La solution, préalablement filtrée, est étendue sur la plaque, à la façon du collodion, égalisée à la tournette et séchée dans l'obscurité.

Après dessiccation, la planche est exposée à la lumière, dans le châssis-presse, sous le cliché (négatif retourné). La durée de l'insolation est déterminée à l'aide du photomètre ; elle est généralement courte, le cliché ne présentant point de demi-teintes, mais seulement des noirs opaques et des blancs entièrement transparents. Au soleil, la pose ne dépasse guère 1 minute ; à la lumière diffuse, elle atteint rarement 1 heure.

La couche impressionnée est entièrement recouverte, au rouleau de gélatine, d'une encre grasse spéciale, puis on plonge la plaque dans l'eau. Après une ou deux minutes, on passe doucement sur la surface encrée un tampon d'ouate imbibé d'eau légèrement gommée. L'albumine non impressionnée se dissout, entraînant l'encre qui la recouvrait, et l'image apparaît, en traits noirs, sur le fond métallique. Le dépouillement achevé, on rince à grande eau, et l'on fait rapidement sécher à une chaleur modérée. L'encre restée sur les lignes insolubilisées ne résistant pas suffisamment à l'acide qui va creuser la gravure, il faut la renforcer par addition de substances résineuses. On prépare, dans ce but, un mélange de résine et de cire que l'on réduit en poudre très fine. Cette poudre est appliquée sur la planche à l'aide d'un tampon de coton ; elle adhère à l'encre grasse, mais non au métal mis à nu. On époussette au blaireau, et l'on fait chauffer jusqu'à ce que l'image, qui était devenue mate par le dépôt de poudre, redevienne brillante. La cire et la résine se trouvent alors fondues et forment sur les

traits de l'image une couche compacte qui résistera parfaitement au mordant.

La morsure du zinc s'effectue dans une solution étendue d'acide nitrique. Un solution trop concentrée déterminerait un échauffement capable de ramollir les substances qui constituent les réserves. Aussi préfère-t-on attaquer le métal lentement : en employant une solution à 5 pour 100 d'acide du commerce (à 36° Baumé) la profondeur des creux déterminés par la morsure n'est que de 1/3 de

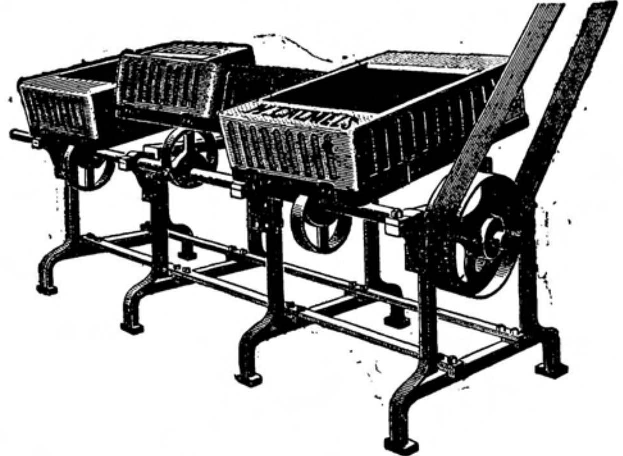


Fig. 118. — Cuves à morsure.

millimètre par heure. L'acide est placé dans des cuvettes (fig. 118) auxquelles un mécanisme communique un mouvement continuel de bascule, de manière à régulariser la morsure. Dans certains ateliers, l'acide est projeté sur la plaque par une sorte de pulvérisateur.

L'acide ronge le métal, le creuse partout où sa surface n'est pas protégée par les réserves. Quand il en a enlevé une certaine épaisseur, il commence à attaquer les talus sur lesquels se trouvent les réserves : la surface protégée par les substances grasses reste inattaquée, mais il n'en est pas de même des parois verticales qui sont mises à découvert par les progrès de la morsure. Les traits de la gravure seraient donc minés par-dessous et même parfois enti-

rement rongés, si l'on ne prenait certaines précautions. C'est à Firmin Gillot qu'est dû le tour de main grâce auquel les talus des reliefs sont protégés contre l'action du mordant : de là le nom de *gillotage* donné à l'opération suivante.

Dès que l'acide a légèrement creusé le métal, on suspend la morsure et on passe sur la planche une éponge douce imbibée d'une solution de gomme arabique et d'acide gallique, qui adhère au métal à nu, mais non aux réserves grasses. On lave ensuite som-

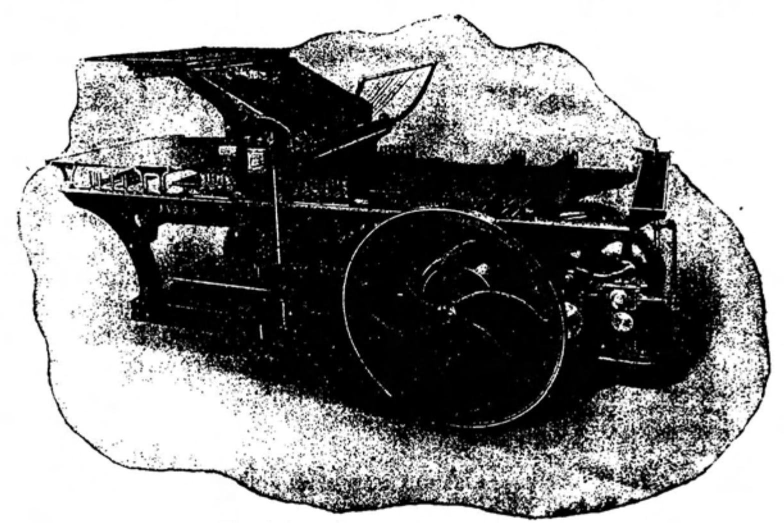


Fig. 119. — Presse pour photogravure.

mairement, de manière à éliminer l'excès de gomme. Si l'on passe alors sur la planche un rouleau garni d'encre lithographique, le corps gras adhère aux lignes formant réserve, mais il est repoussé par la gomme dont il subsiste encore quelques traces contre le métal; on fait sécher, on saupoudre de colophane, qui ne s'attache qu'à l'encre, et l'on chauffe modérément. L'encre et la résine se fluidifient, débordent légèrement et coulent sur les talus des reliefs, qui se trouvent ainsi protégés.

On procède alors à une deuxième morsure, que l'on arrête comme la précédente, aussitôt qu'elle a déterminé des creux appré-

ciables. On passe une nouvelle couche d'encre, on la saupoudre de résine, on fait chauffer et l'on reprend la morsure.

Ces opérations sont recommencées jusqu'à sept fois, et même davantage, jusqu'à ce que la profondeur des creux atteigne environ 1 millimètre. Il résulte de cette méthode que les reliefs sont supportés par des bases qui vont s'élargissant de la surface au niveau inférieur des creux. Par suite du fractionnement des morsures, le profil des talus présente une série de gradins. Pour leur donner une forme oblique régulière, on procède à un encrage de toute la plaque. L'encre est ensuite saupoudrée de résine, et l'on fait chauffer. Le mélange fond et coule : les saillies que présentent les talus sont ainsi mises à nu, et il suffit alors, pour les faire disparaître, de soumettre la plaque à une dernière morsure.

La planche est enfin montée sur un bloc de bois, de manière à se trouver au même niveau que les caractères d'imprimerie au milieu desquels elle doit être placée.

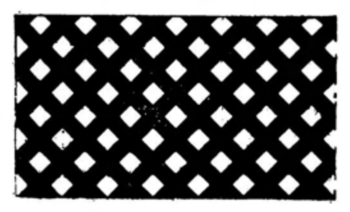
Cette méthode exige un négatif retourné. On peut utiliser un cliché ordinaire, en procédant par *report*. On impressionne alors d'abord sous ce cliché un papier enduit de gomme bichromatée, on le recouvre d'encre lithographique, on mouille, afin d'éliminer l'encre des parties préservées de l'action de la lumière par les opacités du négatif, et l'on applique le papier sur une plaque de zinc. La pression imprime l'image sur le métal, et si l'on soumet la surface encrée à l'action de l'acide azotique, le métal est attaqué sur les points laissés à nu, mais non sur ceux qui sont protégés par l'encre grasse. Bien entendu, on renforce les réserves, comme dans le procédé direct, par un saupoudrage de résine, et on fractionne la morsure en plusieurs phases alternant avec des encrages suivis d'un léger chauffage, afin de protéger les parois des reliefs.

Similigravure. — Les tirages typographiques ne donnent que deux tons : celui de l'encre et celui du papier. Pour reproduire par ce moyen des images à modelé continu, comme les photographies d'après nature, les tableaux, les lavis, il est nécessaire de transformer ce modelé en une combinaison de points ou de lignes plus ou moins larges et plus ou moins espacés. Le cliché n'imprimera en réalité que du noir pur sur du papier blanc, mais les teintes claires seront représentées par des points noirs très fins et très

espacés, tandis que les teintes foncées résulteront du rapprochement de points noirs assez larges séparés les uns des autres par d'étroits lisérés blancs. C'est d'ailleurs ainsi que procède le dessinateur pour donner l'illusion d'un modelé, en couvrant son papier de points ou de hachures au crayon ou à l'encre. Il s'agissait d'arriver au même résultat sans l'intervention du dessinateur et par des moyens automatiques. On y a réussi, en sectionnant l'image photographique au moyen d'un écran grainé ou tramé.

Dès 1853, Talbot interposait entre le phototype et la planche sensibilisée un tissu à trame très fine. Berchtold, en 1859, impressionnait sous le négatif une plaque enduite de bitume qui était ensuite exposée de nouveau à la lumière derrière un réseau à fines lignes parallèles obtenues en photographiant une trame lithographique. E. et J. Bullock, en 1865, disposaient pour la première fois la trame dans l'appareil photographique, en avant et à faible distance de la plaque sensible. Cette trame était simplement formée de lignes parallèles, ainsi que celles de Swan (1879) et de la compagnie Meisenbach (1882). C'est l'Américain F. Yves qui donnait, en 1886, sa forme actuelle à la similigravure, en créant la trame quadrillée et en substituant au diaphragme ordinaire de l'objectif un diaphragme carré.

Pour expliquer le rôle que joue une trame semblable à celle dont la fig. 120 reproduit un fragment très agrandi, supposons d'abord l'objectif diaphragmé dirigé vers une surface toute blanche, et examinons à la loupe le verre dépoli. Si la trame quadrillée est en contact avec l'écran de mise au point, elle y projettera son image très nette. Mais, si nous éloignons lentement la trame, nous verrons sa silhouette s'estomper peu à peu et perdre progressivement de sa netteté. Chacune des mailles va former des ombres et des pénombres, et, en réglant avec soin la distance, nous arriverons à ce résultat que chaque élément de la trame apparaîtra comme une tache lumineuse au centre et s'obscurcissant régulièrement jusqu'aux bords, qui seront noirs.



Cl. Calmels.
Fig. 120. — Trame de similigravure.

Ce réglage effectué, si le verre dépoli est remplacé par une plaque sensible, nous obtiendrons un négatif qui paraîtra uniformément gris, vu d'une certaine distance, mais qui, examiné à la loupe, se montrera formé d'une multitude de points noirs au centre et régulièrement dégradés jusqu'aux bords, qui seront transparents.

Plaçons maintenant devant l'objectif, non plus une surface toute blanche, mais une épreuve photographique où se trouvent du blanc pur, du gris clair, du gris foncé et du noir. Prenons un temps



Cl. Calmels.
Fig. 121. — Similigravure.
(Trame de 20 lignes au centimètre.)



Cl. Calmels.
Fig. 122. — Similigravure.
(Trame de 53 lignes au centimètre.)

de pose juste suffisant pour que les points correspondant aux blancs viennent bien noirs au développement, dans toute leur largeur. Les images du gris clair seront évidemment moins intenses, sur les bords extrêmes; celles du gris foncé ne seront suffisamment impressionnées qu'au centre de chaque maille; enfin, celles du noir seront, sinon entièrement invisibles, du moins pratiquement négligeables. Ainsi donc, à la condition de calculer exactement la pose et de développer de manière à obtenir un cliché brillant et plutôt heurté que doux, nous verrons le blanc du modèle représenté par des points larges et se touchant presque, les gris représentés par des points plus étroits et dont les bords seront par

conséquent plus espacés les uns des autres, et les noirs représentés par des points imperceptibles.

Ce négatif donnera évidemment un positif sur lequel le blanc sera représenté par de très petits points espacés, les gris par des points plus larges et moins espacés, et le noir par des points dont la largeur sera presque égale à celle des mailles de la trame (fig. 121 et 122).

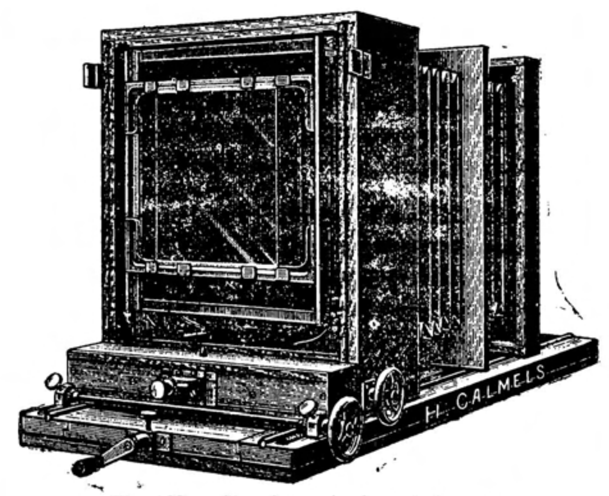
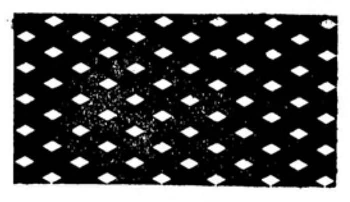


Fig. 123. — Chambre noire à porte-trames.

Le phototype que nous venons d'analyser est exécuté à l'aide d'une chambre noire de construction spéciale (fig. 123). En avant de la plaque est disposé un cadre sur lequel est montée la trame et dont on fait varier la distance avec le plan focal à l'aide d'une crémaillère et d'une vis micrométrique. L'intervalle qui sépare la plaque sensible de la trame est généralement compris entre 2 et 7 millimètres, suivant la distance focale, la plus faible distance correspondant au plus court foyer.

Les trames dont on se sert actuellement sont ordinairement composées de deux glaces sur chacune desquelles ont été gravées des lignes parallèles rendues opaques par l'application d'un vernis.

Ces deux glaces sont superposées de manière que les deux lignés se croisant à angle droit forment un quadrillage. Depuis quelques années cependant la trame quadrillée est souvent remplacée par la trame Schulze (fig. 124), inventée en 1902 et dont les lignes opaques se croisent sous un angle de 60°. Cette disposition permet plus de précision dans la reproduction des détails et, sans compliquer ni la gravure ni le tirage, donne aux images une structure moins régulièrement apparente.



Cl. Calmels.
Fig. 124. — Trame Schulze.

La finesse de la trame varie suivant la nature des travaux à exécuter. Pour les grandes affiches, elle contient seulement 20 à 25 lignes par centimètre; elle en contient 25 à 30 pour les journaux quotidiens imprimés sur presses rotatives, 50 à 60 pour les travaux courants exécutés sur papiers de qualité moyenne, 70 à 80 pour les éditions de luxe, 90 à 100 pour les catalogues de très grand luxe et pour certains travaux scientifiques. Le prix d'une trame quadrillée du format 30 × 40 est de 400 francs, si elle ne contient que 30 lignes par centimètre; si elle en contient 80, son prix s'élève à 1.250 francs.

La structure de l'image, son modelé et ses contrastes sont notablement modifiés suivant la forme et les dimensions du diaphragme. On se sert généralement de diaphragmes carrés, mais on utilise aussi d'autres formes, dont la fig. 125 reproduit quelques modèles. Le plus souvent, on fait usage de deux ou trois diaphragmes de dimensions différentes, que l'on substitue l'un à l'autre pendant la pose. C'est en proportionnant judicieusement ces poses fractionnées que le similigraveur arrive à obtenir un modelé correct.

La planche d'impression qui doit traduire en reliefs et en creux les blancs et les noirs du négatif est une plaque de zinc ou de cuivre. Le zinc, dont le coût est moins élevé et la morsure plus rapide, est employé aux travaux urgents ou peu soignés. Comme il se prête à une profondeur plus grande des creux, c'est également sur ce métal que sont gravés les clichés à grosse trame, comme ceux des journaux quotidiens. Le cuivre, plus facile à retoucher,

moins altérable et plus résistant mécaniquement, est réservé aux travaux de luxe et aux longs tirages.

Le procédé à l'albumine décrit dans le paragraphe précédent est également applicable à la similigravure. Mais, en fait, on ne l'utilise

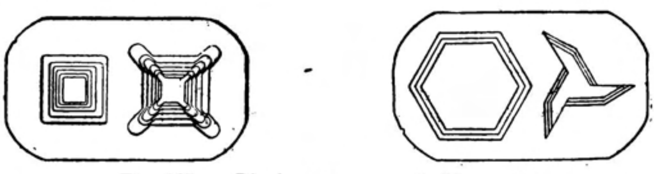


Fig. 125. — Diaphragmes pour similigravure.

que pour les clichés à grosse trame des journaux quotidiens, et, dans la plupart des cas, la simili est gravée au moyen du *procédé émail*. Le colloïde employé dans ce procédé est une gélatine spéciale rendue soluble dans l'eau froide par une cuisson prolongée. Pour préparer la couche sensible, on mélange :

Eau..	200 cc.
Colle liquide pour émail........................	100 —
Bichromate d'ammoniaque..................	5 à 10 gr.

L'étendage de la plaque et la dessiccation s'effectuent comme dans les procédés précédents. La durée de l'exposition sous le négatif est de 2 à 3 minutes en plein soleil d'été, de 1 heure et plus en lumière diffuse, et de 5 à 10 minutes à 30 centimètres d'une lampe à arc de 20 ampères.

Après l'insolation, on lave la plaque pendant 2 minutes, afin d'en éliminer le bichromate. On colore ensuite la couche, de manière à mieux contrôler le dépouillement, en la plongeant pendant quelques minutes dans une solution de violet de méthyle (5 gr. par litre). On rince pour enlever l'excès de colorant, et on facilite le dépouillement par des frictions modérées au tampon d'ouate ou en agitant la plaque dans de l'eau additionnée de son, de sciure de bois blanc, ou d'amidon délayé à froid. L'image apparaît en violet intense sur fond métallique.

Le dépouillement achevé, on peut durcir la gélatine dans une solution à 10 p. 100 d'alun de chrome rendue alcaline par addition

de quelques gouttes d'ammoniaque; mais cette opération n'est pas indispensable.

La plaque lavée et séchée est ensuite soumise à la cuisson, qui va transformer la gélatine en un corps suffisamment résistant au bain de morsure. A cet effet, on la place sur un gril métallique sous lequel on déplace un brûleur à gaz. Dès le début de la chauffe, l'image se décolore, par suite de la décomposition du violet de méthyle, puis elle réapparaît, à mesure que la gélatine subit une sorte de caramélisation, et sa couleur permet de juger de son degré de cuisson. Si le cliché est en zinc, on s'arrêtera à la nuance or pâle; s'il est en cuivre, on poussera jusqu'à la teinte brun rouge. On passe ensuite à la morsure.

Le mordant employé est l'acide nitrique dilué pour les clichés sur zinc, et le perchlorure de fer pour les clichés sur cuivre. Par suite du rapprochement des points dont l'image est formée, les creux de simili sont ordinairement limités à une faible profondeur. La morsure de simili est donc plus rapide que la morsure de trait et s'opère généralement en une seule phase, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours aux complications de gillotage. Dans certains cas, cependant, la largeur des éléments de la trame et la profondeur des creux obligent à fractionner la morsure comme il a été dit au paragraphe précédent.

Pour que l'impression soit bonne, il faut que chaque maille de la trame se trouve représentée sur la planche par un point en relief de largeur variable. Les teintes claires sont reproduites par des points très petits séparés par des lisérés blancs assez larges; les teintes moyennes sont représentées par un quadrillage, une sorte de damier formé de carrés blancs et noirs; enfin les teintes foncées sont traduites par des points blancs très étroits sur fond noir. Parfois même, ces points blancs disparaissent dans les ombres les plus intenses, et la touche est alors uniformément noire. De même, aux endroits correspondant aux plus vives lumières du sujet, le point noir en relief fait quelquefois défaut, et le papier ne reçoit aucune impression. Mais ces deux cas extrêmes sont exceptionnels et doivent rester limités à des espaces peu étendus, sans quoi l'image manquerait d'harmonie. Les noirs opaques seraient lourds, les blancs sembleraient rongés, et d'ailleurs il arriverait fréquem-

ment que le rouleau encreur, n'étant pas soutenu au-dessus des cavités trop larges, les remplirait d'encre, d'où impossibilité d'imprimer des images propres.

Ce pointillé répandu sur toute la surface, même sur les endroits que l'on voudrait voir entièrement blancs, offre un réel inconvénient. La simili jette ainsi sur l'image une sorte de voile (le voile de sa trame) qui diminue l'éclat et la précision de l'original. Ce voile est peu sensible quand la trame est d'une extrême finesse; mais une telle trame exige un matériel de premier choix, un personnel habile, un très beau papier et des encres de qualité supérieure, qui en limitent l'application aux publications de luxe.

Une trame très large donne des points gris, faciles à graver et à tirer, même sur des papiers grossiers, mais supprime beaucoup de détails. Aussi l'emploi en est-il réservé aux journaux quotidiens.

Les trames de finesse moyenne sont les plus usitées, car elles permettent de concilier, jusqu'à un certain point, les exigences artistiques avec les nécessités économiques. La finesse relative de ces trames exige déjà que la morsure soit limitée à de très faibles creux, pour ne pas détruire le point dans les blancs. Il est donc nécessaire de régler l'encrage des reliefs avec le plus grand soin, afin d'éviter les empâtements. En outre, il faut employer des papiers à surface absolument plane et lisse, obtenue en recouvrant une pâte déjà très régulière d'un enduit brillant ou *couchage*.

Les papiers couchés ont souvent fait l'objet de justes critiques, bien qu'ils donnent des impressions très vigoureuses et d'une netteté parfaite. Leur surface miroitante fatigue la vue, et la lecture des textes qui y sont imprimés est pénible, à la longue. Ils sont, de plus, facilement salissants, fragiles, cassants, et la conservation des ouvrages imprimés sur ces pâtes complexes n'est rien moins qu'assurée.

Cependant, on arrive à réaliser d'excellentes impressions sur des papiers à surface mate, quoique très régulière. Ces papiers sont généralement assouplis dans de l'eau additionnée de 5 pour 100 de glycérine. Les images tirées de la sorte sont parfaites de netteté et de finesse; elles sont même plus belles et d'un aspect plus artistique que les épreuves glacées, et le texte qui les accompagne est beaucoup plus commode à lire, sans fatigue pour la vue.

La simili est loin d'égaler l'héliogravure et même la photocollographie pour la beauté des résultats, mais elle se recommande par la rapidité avec laquelle est obtenue la planche d'impression et la facilité avec laquelle on en tire économiquement de bonnes épreuves. En quelques heures, elle permet d'exécuter, par les moyens ordinaires de l'imprimerie, des milliers d'épreuves, mêlées au texte et d'une exactitude autrefois inconnue. On conçoit donc la vogue dont ce procédé était appelé à jouir, à notre époque d'information rapide et précise. La photographie crée, en un instant, le document irrécusable, et la photogravure permet de le lancer dans le public le jour même. Aussi les revues périodiques l'utilisent-elles à profusion, de même que les livres, et les grands quotidiens eux-mêmes y ont constamment recours. La similigravure a multiplié en quelques années les publications illustrées dans des proportions déconcertantes, en même temps qu'elle les rendait accessibles à tous.

OUVRAGES A CONSULTER

A. Albert, *Der Lichtdruck*, Halle a/S. (W. Knapp), 1898.

N.-S. Amstutz, *Handbook of Photoengraving*, Chicago (The Inland Printer C°), 1907.

J. Bock, *Zincography*, Londres (Dawbarn et Ward), 1895.

G. Bonnet, *Manuel de phototypie*, Paris (Gauthier-Villars), 1889.

G. Bonnet, *Manuel d'héliogravure*, Paris (Gauthier-Villars), 1890.

C. Blecher, *Die verwendung des Zinks für die Lithographie*, Halle a/S. (W. Knapp), 1908.

C. Blecher, *Lehrbuch der Reproduktionstechnik*, Halle a/S. (W. Knapp), 1908.

A. Broquelet et P. Mauron, *Traité de l'art lithographique*, Paris (Garnier), 1907.

L.-P. Clerc, *les Reproductions photomécaniques monochromes*, Paris (O. Doin et fils), 1910.

W. Cronenberg, *la Pratique de la phototypogravure américaine*, Paris (Gauthier-Villars), 1898.

J.-M. Eder, *Die Pigment verfahren und die Heliogravüre*, Halle a/S. (W. Knapp), 1896.

Ch. Féry et A. Burais, *Traité de photographie industrielle*, Paris (Gauthier-Villars), 1896.

A. Fisch, *Traité pratique des impressions photomécaniques*, Paris (Ch. Mendel), 1901.

W. Fithian, *Practical Collotype,* Londres (Dawbarn et Ward).
E. Forestier, *le Procédé Collo,* Paris (H. Calmels), 1909.
Geymet, *Traité pratique de photogravure sur zinc et sur cuivre,* Paris (Gauthier-Villars), 1886.
A.-F. von Hübl, *Die Photographische Reproduktions Verfahren,* Halle a/S. (W. Knapp), 1898.
J. Husnik, *Die Zinkätzung,* Vienne (Hartleben), 1908.
L. Laynaud, *la Phototypie pour tous,* Paris (Gauthier-Villars), 1900.
R. Namias, *I moderni Processi fotomeccanici,* Milan, 1899
Schilz, *Manuel pratique d'héliogravure en taille-douce,* Paris (Gauthier-Villars), 1899.
J. Verfasser, *The Half-Tone Process,* 4e édition, Londres (Iliffe and sons), 1907.
L. Vidal, *Traité pratique de photogravure en creux et en relief,* Paris (Gauthier-Villars), 1900.
J. Voirin, *Manuel pratique de phototypie,* 2e édition, Paris (Ch. Mendel), 1909.
J. Adeline, *les Arts de Reproductions vulgarisés,* Paris (May et Motteroz).
J. Pinsard, *l'Illustration du livre moderne par la photographie,* Paris (Ch. Mendel), 1897.

LIVRE IV

CHROMOPHOTOGRAPHIE

CHAPITRE XVII

LE PROCÉDÉ TRICHROME

Historique. — L'idée de reproduire les couleurs du sujet par la superposition de plusieurs images photographiques monochromes est manifestement inspirée des procédés de chromotypie et de chromolithographie. Cependant, la nécessité de préparer autant de clichés que l'épreuve doit contenir de teintes aurait fait de cette combinaison une méthode trop complexe, si la théorie des couleurs fondamentales n'avait permis de réduire l'analyse du coloris à trois éléments.

En 1859, Clerk Maxwell exposait[1] une théorie des couleurs composées qui sera résumée dans le paragraphe suivant et qui peut être considérée comme la base essentielle des méthodes trichromes. Aussi, dès 1865, Collen, en Angleterre, décrivait-il succinctement un procédé de photochromie fondé sur cette théorie[2]. Toutefois, il ne faisait qu'énoncer le problème, sans indiquer le moyen de le résoudre pratiquement et sans même songer à une sélection opérée par un tamisage des radiations élémentaires à travers des écrans ou filtres colorés : il prétendait que, pour opérer cette sélection, il faudrait tout d'abord trouver des substances photographiques exclusivement et isolément sensibles aux trois couleurs primaires. Vers la même époque, le baron Ransonnet, en Autriche, entreprenait des essais dans la même voie, en interposant des ver-

1. *Proceedings of the royal Society of London*, t. X, p. 404-484.
2. *British Journal of Photography*, 27 octobre 1865, p. 547.

res colorés; mais il ne parvint jamais à impressionner une plaque derrière un filtre jaune-orangé.

Le 2 décembre 1867, Charles Cros déposait à l'Académie des sciences un pli cacheté qui ne fut ouvert, sur sa demande, que le 26 juin 1876. Ce pli contenait une note intitulée : *Procédés d'enregistrement et de reproduction des couleurs, des formes et des mouvements.* En voici un extrait :

« En premier lieu, trois épreuves photographiques sont prises successivement d'après un même tableau. Pour la première de ces épreuves, on interpose, entre le tableau et l'objectif de l'appareil photographique ordinaire, un verre rouge, pour la seconde, un verre jaune, pour la troisième un verre bleu. Les rayons de lumière rouge contenus dans le tableau passeront en maximum à travers le verre rouge, et il en sera de même pour les deux autres sortes de rayons et les deux autres verres.

« Si maintenant, après avoir obtenu le positif des trois épreuves, on superpose les projections de ces positifs traversés respectivement par un rayon rouge, jaune et bleu sur un écran, la projection composée représentera le tableau donné avec ses teintes réelles...

« ... La superposition des trois épreuves positives sur une surface blanche, en ayant soin de constituer chacune des épreuves dans la couleur complémentaire de celle qui a servi à l'obtenir, donnera la reproduction définitivement fixée de toutes les teintes du tableau à reproduire, avec une exactitude que limitent seules la pureté et la transparence des couleurs employées. »

M. L. Ducos du Hauron ne connaissait évidemment pas le contenu du pli cacheté déposé par Charles Cros, lorsqu'il prit, le 23 novembre 1868, un brevet dans lequel est décrite la méthode des clichés analytiques et des tirages superposés, à peu près telle qu'on la pratique encore actuellement : « Si l'on décompose, disait-il, en trois tableaux distincts, l'un rouge, l'autre jaune, l'autre bleu, le tableau, en apparence unique, qui nous est offert par la nature, et si de chacun de ces trois tableaux on obtient une image photographique séparée qui en reproduise la couleur spéciale, il suffira de confondre ensuite en une seule image les trois images ainsi obtenues pour jouir de la représentation exacte de la nature, couleur et modelé tout ensemble. »

Dès ses premiers essais, effectués avec le collodion humide, M. Ducos du Hauron avait reconnu la nécessité d'orthochromatiser ses plaques et indiqué diverses formules de collodion sensible au rouge. Il fut le premier à obtenir des épreuves photographiques reproduisant fidèlement les couleurs du sujet. La pratique n'avait pas tardé à lui démontrer que ses reproductions gagnaient en vérité, à mesure qu'il modifiait la couleur des écrans primitivement employés. C'est ainsi qu'il arriva à réaliser la sélection comme on la pratique aujourd'hui, à l'aide de filtres respectivement violet, vert et rouge-orangé.

Principe de la trichromie. — Bien que le nombre des couleurs nous semble illimité, elles peuvent toutes se ramener, au point de vue de l'impression qu'elles déterminent sur notre œil, à trois couleurs fondamentales, dont les combinaisons infiniment variées sont susceptibles de produire toutes les nuances possibles. Ce n'est pas là une simple hypothèse. Il semble bien démontré que l'organe de la vision humaine contienne trois groupes de fibrilles nerveuses affectés chacun à la perception d'une zone du spectre. Il y a plus : l'analyse attentive de certaines anomalies constatées chez les *daltoniens*, c'est-à-dire chez les personnes qui sont incapables de distinguer telle ou telle couleur, a permis de déterminer exactement la nuance des trois couleurs fondamentales.

On admettait autrefois, avec David Brewster, que ces trois couleurs sont le bleu, le jaune et le rouge-carmin. Il est acquis maintenant, conformément aux théories de Young, de Helmholtz et de Maxwell, d'ailleurs corroborées par les résultats de la photographie trichrome, que les couleurs fondamentales sont le violet, le vert et le rouge-orangé. Nous allons voir cependant que, dans la photographie trichrome par tirages superposés, l'image colorée est formée de bleu, de jaune et de rouge-carmin. C'est qu'il importe de ne pas confondre les mélanges de *lumières* colorées avec les superpositions de *pigments* colorés. Supposons, en effet, trois lanternes magiques garnies l'une d'un verre violet, la seconde d'un verre vert et la troisième d'un verre rouge-orangé. Dirigeons sur un écran blanc les trois projections colorées, de façon qu'elles empiètent partiellement les unes sur les autres. Si les verres sont bien choisis et les intensités lumineuses exactement réglées, la

zone où convergent les trois faisceaux paraît blanche, parce qu'elle réfléchit simultanément les trois couleurs dont la résultante produit sur notre rétine la sensation de la lumière blanche.

La région où le rouge-orangé empiète sur le vert paraît jaune, parce que, lorsque nos nerfs sensibles au rouge-orangé sont impressionnés en même temps que les nerfs sensibles au vert, la sensation éprouvée est exactement la même que si nous avions devant nous le jaune pur, tel qu'il existe dans le spectre solaire. Cette particularité s'explique, depuis que l'on sait que le jaune pur impressionne également les fibrilles du rouge-orangé et celles du vert.

De même, l'impression simultanée du violet et du rouge-orangé correspond à celle du rouge-carmin. De même, enfin, l'action combinée des radiations vertes et violettes agit exactement comme celle du bleu simple du spectre.

Si, maintenant, nous passons à l'effet des pigments mélangés, les résultats sont entièrement différents, et il est facile d'en trouver la raison. Un pigment est une substance, en poudre ou en pâte, qui n'est pas lumineuse par elle-même, mais qui réfléchit la lumière ou seulement une partie de la lumière qui l'éclaire. La craie, par exemple, vue au grand jour, paraît blanche, parce qu'elle n'absorbe aucune des teintes du spectre solaire visible et les réfléchit toutes; vue à la lueur d'un feu de bengale bleu ou jaune, elle paraîtrait bleue ou jaune. Un bluet paraît bleu à la lumière blanche, parce qu'il ne réfléchit que la lumière bleue et absorbe les autres radiations dont la lumière blanche est composée. Une prairie paraît verte, parce que l'herbe absorbe toutes les radiations, sauf le vert. Une rose paraît rose, parce qu'elle ne réfléchit que les radiations roses et absorbe les autres. L'encre, enfin, est noire, parce qu'elle absorbe toutes les radiations et n'en réfléchit aucune.

Ainsi, quand nous mélangeons un pigment bleu et un pigment jaune, c'est-à-dire une substance qui absorbe le jaune et le rouge, et une substance qui absorbe le bleu et le rouge, nous réalisons une combinaison où toutes les radiations sauf le vert se trouvent absorbées. Le bleu et le jaune à l'état de pigments forment donc un mélange vert. De même, le bleu et le rouge-carmin forment un mélange violet; le jaune et le rouge forment un mélange orangé.

Enfin, si nous mélangeons des pigments bleus, jaunes et rouges, nous formons un mélange où toutes les radiations se trouvent absorbées, et la résultante en est noire, tandis que le mélange des trois lumières colorées formait une résultante blanche. On exprime cette différence en appelant synthèse *additive* celle que l'on obtient par des combinaisons de lumières colorées, et synthèse *soustractive* celle qui résulte des mélanges de pigments absorbants.

Il convient aussi de rappeler en quoi consistent les couleurs *complémentaires*. Un objet bleu examiné à travers un verre orangé paraît noir; il en est de même pour un objet jaune examiné à travers un verre violet, ainsi que pour un objet rouge examiné à travers un verre vert. Sans entrer à cet égard dans des détails superflus, nous retiendrons que l'on exprime ces phénomènes en disant que le bleu est la couleur complémentaire de l'orangé, et réciproquement. De même, le jaune est complémentaire du violet et *vice versa;* de même, le rouge et le vert sont complémentaires l'un de l'autre.

Il nous reste à montrer l'application de ces principes à la reproduction photographique des couleurs.

Dans le procédé au charbon, si l'on fait usage d'un papier enduit de gélatine colorée en bleu, les noirs du sujet, c'est-à-dire les parties transparentes du cliché, seront représentés par du bleu; si, au contraire, le pigment que contient la gélatine est rouge, cette couleur correspondra aux parties non impressionnées du cliché, et les noirs du modèle seront traduits par du rouge.

Or, la photographie trichrome est l'art de reproduire toutes les couleurs du modèle en superposant trois images partielles colorées l'une en bleu, la seconde en jaune et la troisième en rouge. Chacune de ces images porte le nom de *monochrome*[1], parce qu'elle ne contient qu'une seule couleur.

Le monochrome bleu devra être tiré sous un cliché exécuté de telle sorte que toutes les parties du modèle bleues ou contenant du bleu soient représentées par des parties transparentes, afin qu'elles puissent figurer en bleu sur l'épreuve. Dans ce but, il faut *éteindre* toutes les radiations bleues venues du modèle, de façon qu'elles

1. Du grec μόνος, seul, et χρῶμα, couleur.

n'agissent pas plus que le noir sur la plaque au gélatinobromure. Pour cela, il suffit de placer devant l'objectif, ou entre l'objectif et la plaque sensible, un verre orangé. On a vu, en effet, que l'orangé est la couleur complémentaire du bleu, et qu'un objet bleu, vu à travers un verre orangé, paraît noir. Donc, les parties bleues du modèle n'agiront pas plus sur la plaque sensible que si elles étaient noires; l'émulsion restera inattaquée sur ces points, qui se traduiront, après développement et fixage, par de la gélatine entièrement transparente. Dès lors, le papier bichromaté bleu sera insolubilisé par l'action de la lumière qui aura traversé sans obstacle la gélatine transparente du cliché, et, en définitive, toutes les parties bleues du sujet seront conservées sur le *monochrome bleu.*

Un raisonnement analogue nous conduit à exécuter le *monochrome jaune* au moyen d'un papier enduit de gélatine jaune et tiré sous un cliché obtenu en interposant un verre violet. De même, le *monochrome rouge* sera fait d'après un phototype impressionné derrière un verre vert.

Ces trois monochromes transférés sur le même papier et repérés de telle sorte que les trois images partielles coïncident, devront reconstituer toutes les couleurs du modèle, si les opérations qui viennent d'être énumérées ont été convenablement conduites.

Il est à remarquer que les nuances les plus complexes, comme celles que les peintres désignent sous le nom de *tons rompus,* ne sont pas plus difficiles à reproduire que les couleurs primaires. Ainsi, le vert, par exemple, résultera de la superposition du bleu et du jaune. Le vert, en effet, traversera sans absorption le verre vert; le cliché correspondant sera donc opaque sur les points ainsi impressionnés, et la gélatine bichromatée, restée soluble sous ces opacités, disparaîtra lors du dépouillement du monochrome rouge. Quant aux verres violet et orangé, ils absorberont une partie des radiations vertes; les clichés correspondants conserveront une certaine transparence, les gélatines bleue et jaune seront, en grande partie, insolubilisées, et leur superposition reconstituera le vert. La nuance de ce vert pourra, d'ailleurs, varier à l'infini, selon qu'il contiendra des proportions diverses de bleu, de jaune et même de rouge, cette dernière couleur en très faible quantité, pour donner un ton rompu.

Quant aux parties blanches du modèle, elles impressionneront les trois plaques et s'y traduiront par des opacités. Par conséquent, les trois mixtions gélatineuses colorées, soustraites à l'action de la lumière, conserveront leur solubilité, et, les trois couleurs étant enlevées par l'eau chaude, laisseront le papier blanc à nu. Au contraire, les noirs du sujet n'impressionneront aucune des trois plaques, qui resteront transparentes : les trois gélatines mixtionnées seront donc insolubilisées par la lumière, et les trois pigments superposés formeront une résultante noire.

Pratique de la trichromie. — Le procédé trichrome par éléments superposés exige trois séries d'opérations :

1° La sélection ou analyse des couleurs, c'est-à-dire l'exécution de trois négatifs impressionnés chacun par une seule des couleurs fondamentales ;

2° Le tirage de trois monochromes colorés respectivement en bleu, en jaune et en rouge ;

3° La superposition des monochromes, réalisant la synthèse des couleurs.

Le matériel photographique ordinaire suffit généralement à l'exécution des images trichromes. Toutefois, il est indispensable que les lentilles de l'objectif soient absolument incolores, sans quoi le coloris serait inévitablement faussé. En outre, dans les travaux de précision, on emploie des objectifs *apochromatiques*, ou *antispectroscopiques*, c'est-à-dire corrigés de l'aberration chromatique pour toutes les radiations visibles, de telle sorte qu'elles aient toutes le même foyer. Tel est l'objectif antispectroscopique de Roussel (fig. 126).

Analyse ou sélection. — La première opération du procédé trichrome consiste à décomposer les couleurs du sujet, en exécutant trois négatifs impressionnés chacun par une seule des couleurs fondamentales. Chacune des trois plaques employées dans ce but doit être spécialement sensibilisée pour la couleur complémentaire de celle du monochrome correspondant. Ainsi, pour obtenir le négatif qui servira à obtenir le monochrome bleu, on emploiera une plaque aussi sensible que possible à l'orangé ; la plaque destinée au monochrome jaune sera surtout sensible au violet, et celle du monochrome rouge recevra un supplément

de sensibilité pour le vert. En outre, comme on ne connaît aucun moyen de rendre une plaque uniquement sensible à un groupe déterminé de radiations, l'analyse sera complétée en interposant, pendant la pose, devant ou derrière l'objectif, un écran coloré. La couleur de chaque écran doit être la complémentaire de celle du monochrome correspondant, comme on l'a vu dans le paragraphe précédent. Toutefois, sa nuance exacte et l'intensité de sa coloration sont subordonnées à la sensibilité des plaques employées.

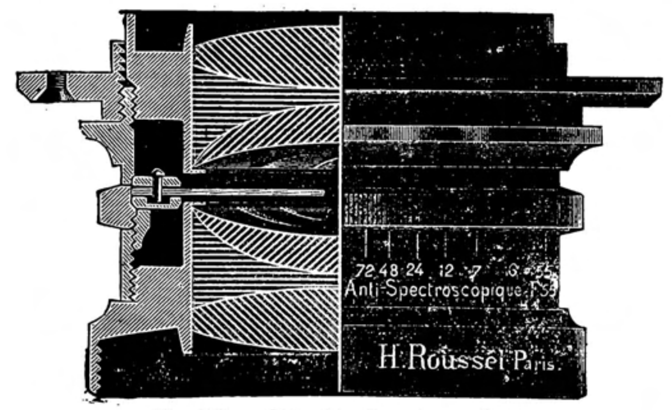


Fig. 126. — Objectif antispectroscopique.

MM. Lumière ont fait connaître le mode de préparation des écrans à employer avec leurs plaques :

Violet..	Eau	20 cc.
	Solution de bleu méthylène à 1/2 p. 100.....	20 —
Vert...	Solution de bleu méthylène à 1/2 p. 100.....	5 cc.
	Solution d'auramine à 1/2 p. 100	30 —
Orangé.	Solution d'érythrosine à 1/2 p. 100..........	18 cc.
	Solution de jaune métanile saturée à 15°....	20 —

Dans chacune de ces trois solutions, filtrées et amenées à la température de 20°, on immerge, pendant 5 minutes, deux glaces à faces parallèles recouvertes d'une couche de gélatine. Les bains doivent être constamment agités pendant la teinture. Après un lavage sommaire, on fait sécher les plaques à l'abri des poussières

et on les colle deux à deux, gélatine contre gélatine, au moyen d'une solution visqueuse de baume du Canada dans le chloroforme.

Derrière l'écran violet, on emploie une plaque Lumière étiquette bleue; derrière l'écran vert, une plaque Lumière orthochromatique série A; enfin, derrière l'écran orangé, une plaque Lumière orthochromatique série B. Le temps de pose est environ 10 à 12 fois plus long avec les écrans vert et orangé qu'avec l'écran violet. Toutefois, cette indication n'est qu'approximative, le rapport précis entre les durées des trois poses variant pour chaque série d'écrans. Dans certains cas, il est utile de compléter l'effet des trois monochromes par un quatrième tirage, exécuté en noir. Le négatif correspondant est alors impressionné en interposant un verre jaune. Le tableau suivant reproduit les formules de préparation de quatre écrans combinés par M. Ludwig Englich[1].

	SOLUTIONS COLORÉES DE RÉSERVE		MIXTIONS COLORÉES	
ÉCRAN VIOLET	Bleu-carmin chimiquement pur. Violet acide Acide acétique cristallisable Eau distillée tiède	2 gram. 1 gram. V gout. 50 cc.	Solution violette Solution de gélatine à 10 p. 100	6 cc. 100 cc.
ÉCRAN VERT	Jaune naphtol S Bleu-carmin chimiquement pur. Vert naphtol Hœchst Acide acétique Eau distillée tiède	3 gram. 2 gram. 0gr,5 VI gout. 150 cc.	Solution verte Solution de gélatine.	5 cc. 100 cc.
ÉCRAN ORANGÉ	Rouge d'aniline Hœchst Tartrazine chimiquement pure. Acide acétique Eau distillée tiède	3 gram. 0gr,5 VIII gout. 100 cc.	Solution orange Solution de gélatine.	6 cc. 100 cc.
ÉCRAN JAUNE	Jaune naphtol S Acide acétique Eau distillée tiède	4 gram. V gout. 150 cc.	Solution jaune Solution de gélatine.	8 cc. 100 cc.

1. *Le Procédé*, juillet 1907.

Chacune de ces mixtions colorées est coulée sur deux glaces identiques, à raison de 8 cc. par décimètre carré. Après dessiccation, les glaces sont collées au baume du Canada.

Pour réaliser une sélection plus parfaite, on remplace parfois les écrans secs par des écrans liquides, constitués par des cuves en verre à faces parallèles remplies de liquides colorants. La fig. 127 représente une série de trois cuves adaptées à la même monture, ce qui permet d'exécuter les trois poses successives avec le moins de perte de temps possible. Les formules d'écrans liquides indiquées dans le tableau suivant, d'après M. Ludwig Englich, sont prévues pour l'emploi de cuves dont la distance entre joues soit de 5 millimètres. Pour des cuves de 10 millimètres, les liqueurs devraient être diluées d'un égal volume d'eau.

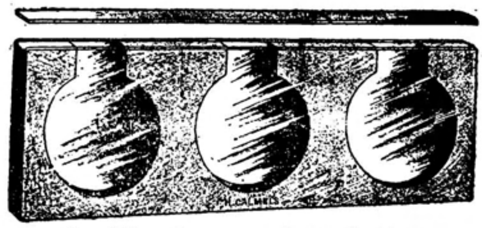


Fig. 127. — Cuves pour écrans liquides.

ECRAN VIOLET (*cliché du jaune*).

Solution à 0,5/1000e de violet de méthyle crist. chimiquement pur....		250 cc.
Eau distillée....................	Quantité suffisante pour compléter à	1.000 —

ECRAN VERT (*cliché du rouge*).

Solution à 5/1000e d'acide picrique chimiquement pur		210 cc.
Solution à 1/1000e de bleu-carmin chimiquement pur Hœchst........		80 —
Eau distillée..	Quantité suffisante pour compléter à	1.000 —

ECRAN ORANGÉ (*cliché du bleu*).

Solution à 2/1000e de mandarine G.............................		260 cc.
Solution à 2/1000e d'écarlate de Biebrich R........................		210 —
Eau distillée.................	Quantité suffisante pour compléter à	1.000 —

ECRAN JAUNE (*cliché du noir*).

Solution à 5/1000e de jaune naphtol S..............................		165 cc.
Eau distillée..................	Quantité suffisante pour compléter à	1.000 —

Ces solutions doivent être soigneusement filtrées et conservées dans l'obscurité, en flacons bien bouchés. Quand le cliché du jaune est exécuté sur plaque au collodion humide (pour tirages photo-

mécaniques), le liquide violet est remplacé par de l'eau pure ou, ce qui est préférable, par une solution de sulfate de quinine ou d'esculine qui absorbe l'ultra-violet.

Les plaques impressionnées derrière les filtres sélecteurs doivent être développées de manière à obtenir trois (ou quatre) phototypes de mêmes densités. On conçoit, en effet, que si le cliché correspondant, par exemple, au bleu était doux et faible, et le cliché du rouge très intense et heurté, il ne serait pas possible de réaliser un coloris exact et bien équilibré.

Synthèse par le procédé au charbon. — Le principe des tirages trichromes au charbon a déjà été brièvement exposé (p. 352). En pratique, quelques précautions spéciales sont nécessaires, notamment pour éviter l'inégale extension des trois couches qui rendrait impossible le repérage exact des images monochromes à superposer. Cette difficulté est évitée si l'on emploie le papier mixtionné Vaucamps. Ce papier, livré en bandes de 76 centimètres de largeur, porte côte à côte trois couches mixtionnées respectivement en bleu, jaune et rouge, ayant chacune une largeur utilisable de 22 centimètres environ. Ces trois couches sont, à la nuance près, de constitution identique et, étant coulées en même temps par la même machine, présentent toujours une épaisseur identique ; étant coulées sur le même papier, trois feuilles, coupées dans le même sens à un même rouleau, subiront nécessairement des extensions identiques.

La sensibilisation, le tirage, le transfert provisoire sur verre ciré, s'effectuent comme à l'ordinaire, et le lecteur n'a qu'à se reporter à ce qui en a été dit au chapitre XII. L'essentiel, pour assurer l'équilibre entre les trois impressions, est de traiter simultanément les trois papiers, le bleu, le jaune et le rouge. Ainsi, on les laissera immergés en même temps dans le bain de bichromate, afin qu'ils possèdent tous trois la même sensibilité; la dessiccation s'accomplira à la même température, le tirage aura lieu dans des conditions identiques d'éclairage et d'état hygrométrique; le dépouillement, enfin, ne sera pas effectué dans une eau plus chaude ou plus froide.

Le support définitif est constitué par du papier de Rives recouvert d'une couche de gélatine. On y applique d'abord le mono-

chrome jaune : la plaque cirée qui le porte est mise dans l'eau, ainsi que le papier gélatiné; on met les deux couches de gélatine en contact, on sort le tout, on éponge le papier et on passe la raclette afin de chasser l'eau et les bulles d'air. On laisse ensuite sécher, en ayant soin de coller sur les bords des bandes de papier qui empêcheront l'épreuve d'abandonner le support rigide avant complète dessiccation. Quand le séchage est terminé, on incise avec un canif bien aiguisé les quatre bords du papier, on le soulève par un des coins et on le détache avec précaution. On le plonge alors vivement dans une solution de gélatine à 4 p. 100 maintenue tiède (25° environ), et on le retire aussitôt.

On procède ensuite au transfert du monochrome bleu, qui s'effectue comme le précédent, avec cette différence qu'il s'agit de repérer les deux images. Après avoir passé la raclette, on fait glisser les deux surfaces gélatinées l'une contre l'autre, jusqu'à ce que l'image bleue et l'image jaune coïncident exactement. On passe alors de nouveau la raclette, on éponge et on laisse sécher. On procède de même pour transférer le monochrome rouge.

Procédé par imbibition. — Une variante intéressante de la méthode précédente consiste à impressionner trois pellicules bichromatées incolores et à ne les colorer qu'après le lavage dans l'eau chaude, en les immergeant dans des solutions respectivement bleue, jaune et rouge. L'avantage de la synthèse par imbibition, c'est qu'elle permet de rectifier le coloris, quand l'un des monochromes est trop faible ou trop intense, en renforçant sa coloration par une nouvelle teinture ou en l'atténuant au moyen d'un lavage plus ou moins prolongé.

La pellicule impressionnée sous le cliché sélectionné par l'écran violet est colorée en jaune, après dépouillement dans l'eau chaude, par imbibition au moyen de la solution suivante :

Eau	1.000 cc.
Chrysophénine G	4 gr.
Faire dissoudre à 70° et ajouter alcool	200 cc.

La pellicule impressionnée sous le cliché sélectionné par l'écran vert est colorée en rouge par la solution :

Eau	1.000 cc.
Solution à 3 p. 100 d'érythrosine J	25 —

La pellicule impressionnée sous le cliché sélectionné par l'écran orangé est teinte dans :

Eau	1.000 cc.
Solution de bleu pur diamine F à 3 p. 100	50 —
Solution de colle forte à 15 p. 100	70 —

Les images primitivement incolores, constituées par des épaisseurs variables de gélatine insolubilisée, se colorent progressivement, en absorbant le liquide colorant proportionnellement à leurs reliefs. La coloration n'est complète qu'après environ 12 heures d'immersion. On lave ensuite sommairement, et on fait sécher.

Avant de superposer définitivement les trois pellicules colorées, on les applique l'une sur l'autre, sans les coller, afin de vérifier si la synthèse est exacte. Presque toujours, cette superposition provisoire révèle quelque inégalité et indique quelles sont les corrections à faire subir aux monochromes. Par exemple, si la résultante des trois impressions est trop verte, on renforcera le monochrome rouge en l'immergeant de nouveau dans la solution d'érythrosine. On peut également affaiblir un ou deux monochromes, par lavage à l'eau pure. Toutefois, si l'on emploie les colorants indiqués ci-dessus, le jaune et le rouge sont seuls susceptibles d'être affaiblis de la sorte. Le bleu pur diamine fixé sur la gélatine bichromatée résiste aux dissolvants ordinaires et ne dégorge que dans l'eau contenant 1 p. 100 de colle forte.

Ces corrections achevées, les trois pellicules sont transportées sur verre, si l'on veut obtenir un diapositif en couleurs, ou sur papier, s'il s'agit d'exécuter une épreuve visible par réflexion. Dans ce dernier cas, les monochromes doivent être moins fortement colorés. Ces transferts s'effectuent de la même manière que dans le procédé au charbon.

Par cette combinaison, MM. A. et L. Lumière ont exécuté de splendides diapositifs stéréoscopiques dont le rendu, saisissant de vérité, a gagné l'admiration de tous ceux qui ont pu les examiner. Mais ce sont là des résultats exceptionnels, et la complication des opérations qui viennent d'être succinctement résumées est trop souvent la cause d'échecs décourageants.

Similigravure trichrome. — Les phototypes destinés à la similigravure en couleurs sont impressionnés, comme d'habitude,

derrière une trame. Toutefois, il importe d'éviter la superposition des pointillés, surtout dans les demi-teintes qui présentent de délicates nuances, sans quoi les couleurs mélangées seraient ternes et lourdes : pour réaliser un coloris brillant et frais, il vaut mieux que les pointillés soient simplement juxtaposés, sauf dans les principales ombres du tableau, où la superposition des trois encres aura l'avantage de se traduire par un noir intense et profond.

Dans ce but, on emploie quelquefois trois trames différentes. Dans ce cas, la trame correspondant au monochrome bleu est quadrillée, celle du jaune est formée de traits parallèles dirigés obliquement, et celle du rouge par des traits obliques dirigés à angle droit par rapport à ceux du jaune. Il faut, en effet, que les traits de chaque trame présentent une inclinaison différente. S'ils étaient tous dirigés dans le même sens, il en résulterait un *moirage*.

Cependant, il n'est pas indispensable d'employer une trame spéciale pour chaque monochrome. On construit des trames montées sur châssis tournant (fig. 128). La même trame sert ainsi pour les trois clichés : il suffit de la fixer dans des positions différentes. En même temps, on change aussi le diaphragme : ainsi, on emploiera, par exemple, un diaphragme ordinaire pour le bleu, un diaphragme allongé obliquement pour le jaune, et un diaphragme également allongé, mais oblique dans le sens opposé, pour le rouge.

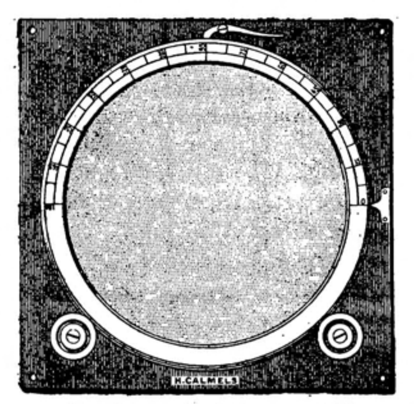


Fig. 128. — Porte-trame rotatif.

Il va sans dire que l'exposition de chacune des trois plaques s'effectue en plaçant devant l'objectif un écran coloré, solide ou liquide, violet pour le cliché destiné à l'impression du jaune, vert pour le cliché du rouge et orangé pour le cliché du bleu.

Chacun de ces clichés tramés sert ensuite à exécuter une plan-

che sur cuivre, traitée par le *procédé émail* que nous avons décrit au chapitre précédent.

Le procédé trichrome permet ainsi d'arriver, à l'aide de trois tirages seulement, à des résultats qui valent au moins autant que les anciennes chromolithographies, qui exigeaient la préparation de sept ou huit planches et même d'un plus grand nombre. Le triage des couleurs constitutives de ces chromos était d'ailleurs très long, très difficile, et exigeait des artistes habiles, tandis que les phototypes analytiques s'effectuent automatiquement, par la simple interposition des filtres sélecteurs violet, vert et orangé.

L'exposition successive des trois clichés, dont deux exigent l'interposition d'écrans qui décuplent la durée du temps de pose, excluait jusqu'à ces dernières années la reproduction des sujets animés. L'invention des plaques à filtres colorés (autochromes et autres), que nous étudierons dans le chapitre suivant, évite désormais toute difficulté. Le sujet est d'abord reproduit sur une plaque autochrome ou sur une plaque similaire, et c'est ensuite ce diapositif en couleurs qui sert à obtenir les trois clichés analytiques par interposition d'écrans sélecteurs violet, vert et orangé.

Les trois planches une fois gravées, le repérage des impressions monochromes, ainsi que leur mise en train pour bien équilibrer le coloris, nécessitent beaucoup de soin. Mais, une fois ce réglage préliminaire convenablement effectué, les tirages se succèdent rapidement et avec une régularité très satisfaisante, en sorte que le prix de revient de chaque épreuve en couleurs finit par être extrêmement modique.

La similigravure trichrome réalise donc un progrès appréciable sur les anciens modes d'impression en couleurs, mais il ne s'ensuit pas qu'elle échappe à toute critique. Trop souvent, le rendu des couleurs laisse à désirer, et il n'est pas rare que le coloris soit criard, quand il n'est pas entièrement faussé. Ces défauts sont dus tantôt à une sélection imparfaite des teintes fondamentales, tantôt à un orthochromatisme insuffisant des émulsions, tantôt à la complexité et à la longueur des opérations au cours desquelles la moindre erreur est susceptible de compromettre le résultat final. Qu'une couleur soit, même très légèrement, ou trop forte ou trop faible, et l'équilibre se trouve complètement rompu.

C'est pourquoi les ateliers soucieux de ne livrer que des produits irréprochables ont l'habitude de faire retoucher leurs clichés par des ouvriers expérimentés et d'ajouter, au besoin, une quatrième planche aux trois monochromes ordinaires. Ce tirage supplémentaire, en noir ou en brun, est effectué d'après un cliché exposé derrière un écran jaune. Quelquefois, cependant, ce monochrome additionnel est exécuté dans une autre nuance, suivant l'effet à obtenir, soit pour compléter le coloris, soit pour en corriger les inexactitudes.

On pourrait souhaiter que les trames utilisées en simili trichrome fussent notablement plus fines que celles dont on se sert actuellement, afin que les éléments colorés révèlent d'une manière moins apparente leurs formes géométriques. C'est dans ce but que les trames rayées ou quadrillées sont parfois remplacées par des trames à grain irrégulier. Il faudrait aussi trouver le moyen de se passer de ces papiers couchés dont le satinage excessif blesse la vue. Ces deux inconvénients ont déjà pu être atténués, en gaufrant le papier après l'impression. Le grain de ce gaufrage, qui imite l'aspect du papier à dessin, détruit partiellement le lustre de la surface, en même temps qu'il dissimule un peu la trame de similigravure. Malheureusement, cette amélioration est limitée aux images destinées à être encadrées ou montées séparément; elle ne saurait s'appliquer aisément à l'illustration du livre.

OUVRAGES A CONSULTER

H. Calmels et L.-P. Clerc, *la Reproduction photographique des couleurs,* Paris (H. Calmels), 1907.

E. Coustet, *la Photographie des couleurs,* Paris (Larousse), 1907.

Ch. Cros, *Solution générale du problème de la photographie en couleurs,* Paris (Gauthier-Villars), 1869.

A. Ducos du Hauron, *la Triplice photographique des couleurs et l'Imprimerie,* Paris (Gauthier-Villars), 1897.

A. et L. Ducos du Hauron, *Traité pratique de la photographie des couleurs,* Paris (Gauthier-Villars), 1878.

L. Ducos du Hauron, *les Couleurs en photographie; solution du problème,* Paris (Marion), 1869.

L. Ducos du Hauron, *les Couleurs en photographie et, en particulier, l'Héliochromie au charbon,* Paris (Marion), 1870.

F. Drouin, *la Photographie des couleurs*, Paris (Ch. Mendel), 1896.

G. Fritsch, *Beiträge zur Dreifarben-Photographie*, Halle a/S. (W. Knapp).

Hesse, *la Chromolithographie et la Photochromolithographie*, Paris (Gauthier-Villars).

A.-F. von Hübl, *Die Dreifarbenphotographie mit besonderer Berücksichtigung des Dreifarbendrukes usw.*, 2e édition, Halle a/S. (W. Knapp).

E. Konig et E.-J. Wall, *Natural Colour Photography*, Londres (Dawbarn et Ward), 1906.

L. Tranchant, *la Photographie des couleurs simplifiée*, Paris (H. Desforges), 1903.

L. Vidal, *la Photographie des couleurs par impressions pigmentaires superposées*, Paris (Ch. Mendel), 1904.

L.-P. Clerc, *les Reproductions photomécaniques polyehsomes*, Paris (O. Doin et fils), 1919.

CHAPITRE XVIII

LES PLAQUES A FILTRES COLORÉS

Invention de la trichromie par éléments juxtaposés. — Ducos du Hauron, à la fin de son brevet du 23 novembre 1868 (déjà cité p. 349), signalait une importante simplification du procédé trichrome : « Enfin, disait-il, il existe une dernière méthode par laquelle la triple opération se fait sur une seule surface. Le tamisage des trois couleurs simples s'accomplit non plus au moyen de verres colorés, mais au moyen d'une feuille translucide recouverte mécaniquement d'un grain de trois couleurs. »

Supposons, en effet, qu'une plaque sensible à toutes les couleurs soit exposée, dans la chambre noire, derrière un *filtre trichrome,* c'est-à-dire derrière un écran transparent composé d'une multitude d'éléments colorés les uns en violet, d'autres en vert et les autres en orangé. Si les teintes de tous ces éléments sont bien équilibrées, l'écran observé d'une certaine distance paraîtra incolore, mais la plaque sensible impressionnée derrière ce filtre, développée, fixée et replacée en contact avec le même écran, exactement dans la même position qu'auparavant, montrera un négatif coloré dont les teintes seront les complémentaires de celles du modèle photographié. En effet, les rayons lumineux transmis par l'objectif traversent les particules colorées, avant d'atteindre le gélatinobromure, et subissent, par conséquent, suivant leur couleur propre et suivant la couleur des éléments qu'ils rencontrent, une absorption variable. Il en résulte une sélection qui aura pour effet de rendre certains éléments colorés invisibles et de ne plus laisser paraître que telle ou telle nuance.

Considérons, par exemple, une région de l'image colorée en bleu : il est clair que les radiations bleues seront absorbées par les éléments sélecteurs orangés, tandis que les éléments violets et verts les laisseront passer. La couche sensible sera donc impressionnée

sous les éléments violets et sous les éléments verts, tandis qu'elle restera inaltérée sous les éléments orangés. Au développement, le révélateur réduira le sel d'argent impressionné, en sorte que, lorsqu'on superposera de nouveau le cliché et le filtre coloré, les éléments violets et verts seront masqués par l'argent réduit à l'état métallique et opaque, tandis que les éléments orangés resteront visibles à travers les transparences du phototype.

La même analyse montrerait que, sous la lumière verte, les éléments verts seront cachés et que la couche apparaîtra colorée en rouge, par suite de la visibilité des éléments orangés et des éléments violets. Un raisonnement identique s'appliquerait à n'importe quelle nuance et expliquerait comment chaque couleur, simple ou composée, doit se trouver représentée par sa complémentaire. Quant à la lumière blanche, elle impressionnera l'émulsion derrière tous les éléments qui, tous, se trouveront ensuite masqués par les opacités de l'argent réduit. Au contraire, un objet noir ne déterminant aucune impression, tous les éléments colorés correspondant à cette partie de l'image demeureront visibles, et la résultante des trois couleurs fondamentales vues simultanément sera blanche. Les demi-teintes, les tons rompus, seront, bien entendu, représentés par la disparition partielle des éléments sélecteurs correspondants.

Le négatif ainsi obtenu pourrait facilement être transformé en diapositif par la méthode d'inversion déjà décrite p. 309 (dissolution de l'argent dans l'acide chromique et second développement). Mais on peut aussi conserver le négatif tel quel et le photographier à l'aide d'une plaque également exposée derrière un filtre trichrome : on obtient alors une image dont les couleurs sont les complémentaires de celles du négatif, c'est-à-dire les couleurs mêmes du sujet à reproduire.

Tels sont les résultats auxquels aurait dû, théoriquement, aboutir la combinaison suggérée par Ducos du Hauron. En fait, elle est restée impraticable pendant près de quarante ans. L'application en était d'abord impossible, à une époque où l'orthochromatisme n'existait pas encore ; en outre, l'emploi d'une trame séparée de la plaque exigeait un repérage dont la difficulté croissait avec l'exiguïté des éléments sélecteurs.

En 1892, Mac Donough proposait de rendre la trame trichrome solidaire de l'émulsion. Une plaque de verre enduite d'un vernis poisseux était saupoudrée de particules gélatineuses ou résineuses colorées en violet, en vert et en rouge-orangé. On obtenait ainsi une mosaïque microscopique sur laquelle était coulée une émulsion au gélatinobromure panchromatique. Toutefois, comme cette émulsion conservait un excès de sensibilité pour le violet et le bleu, l'inventeur jugeait nécessaire d'interposer, pendant l'exposition, un verre jaune compensateur. Ce perfectionnement décisif resta néanmoins à l'état de projet et passa à ce point inaperçu que, deux ans plus tard, on considérait comme une innovation la combinaison suivante.

Revenant au dispositif décrit 26 ans auparavant par Ducos du Hauron, M. John Joly, de Dublin, faisait breveter, en 1894, une trame trichrome distincte et indépendante de la couche sensible. Cette trame était constituée par une glace sur laquelle étaient tracées des lignes colorées transparentes et parallèles, alternativement violettes, vertes et orangées. Il y avait environ 8 de ces lignes par millimètre. Le repérage ne présentait pas de grandes difficultés, mais l'interposition de la trame, d'une finesse insuffisante, se traduisait par un aspect choquant : l'image examinée dans ces conditions paraissait comme entrevue à travers les barreaux d'une cage.

Pour atténuer ce défaut, il fallait rendre les éléments sélecteurs assez exigus pour demeurer invisibles à l'œil nu. Mais le repérage se fait de plus en plus délicat à mesure qu'augmente cette exiguïté, et finit même par devenir impossible, si bien qu'on se trouve amené à rendre le filtre sélecteur solidaire de la couche sensible, comme le proposait Mac Donough. L'image reste alors constamment visible avec ses couleurs; mais, comme chaque plaque doit être munie de son écran trichrome, il est indispensable que ce dernier puisse être fabriqué à bas prix.

Le premier écran réunissant les conditions requises a été réalisé par MM. A. et L. Lumière, dont les plaques *autochromes,* inventées en 1904 et mises dans le commerce en 1907, ont fait de la trichromie par éléments juxtaposés le plus simple et le plus remarquable de tous les procédés de photographie en couleurs.

Fabrication des plaques autochromes. — Les éléments colorés

du filtre sélecteur imaginé par MM. Lumière sont des grains de fécule de pomme de terre choisis (par tamisage) parmi ceux dont les dimensions sont comprises entre 10 et 12 millièmes de millimètre. Ces granules, ovales, très transparents et facilement perméables aux solutions colorantes, forment une poudre blanche très fine que l'on divise en trois lots, respectivement colorés en violet, en vert ou en rouge-orangé. Après dessiccation, les trois poudres colorées sont mélangées, en proportions telles que le mélange ne présente point de teinte dominante. Ce pigment, gris neutre pour qui le voit à l'œil nu, est étalé sur des plaques de verre préalablement recouvertes d'un enduit poisseux. Ce saupoudrage est exécuté de telle sorte que la surface de chaque verre se trouve uniformément couverte de grains se touchant tous, sans aucune superposition. Toutefois, bien que les grains de fécule se touchent, il reste inévitablement entre eux, en raison de leur forme ovale, des interstices qui laisseraient passer la lumière et qu'il faut boucher. On écrase donc par laminage les grains sur leur support, de manière à les rendre polygonaux et contigus par leurs bords, et les petites lacunes qui subsistent après cette opération sont bouchées par un saupoudrage de noir opaque.

Le filtre trichrome ainsi préparé contient environ huit à neuf mille éléments colorés par millimètre carré. C'est dire qu'il est impossible d'en soupçonner, sans le secours d'une loupe, la constitution granuleuse et tricolore : la vue la plus perçante n'y aperçoit qu'une surface translucide, blanche par transparence et gris neutre par lumière réfléchie. Naturellement, il n'en est plus de même si l'examen se fait au microscope ; cette surface, en apparence incolore, se montre formée de particules rondes ou polygonales très richement colorées en violet, en vert et en orangé, séparées les unes des autres par d'étroits lisérés opaques.

Cet écran est ensuite protégé par un vernis transparent, sur lequel est enfin coulée, après dessiccation, une émulsion très sensible et de grain très fin, en couche extrêmement mince.

Les plaques autochromes ainsi préparées ne doivent être manipulées qu'avec précaution, autant que possible dans l'obscurité complète, en raison de leur sensibilité à toutes les couleurs visibles. En outre, elles ne conservent pas indéfiniment leurs propriétés

et présentent parfois, au bout de quelques mois, des traces d'altération qui se manifestent même plus vite quand elles n'ont pas été suffisamment préservées de la chaleur et de l'humidité. C'est pourquoi les boîtes contenant ces plaques portent une date indiquant l'époque avant laquelle il convient de les utiliser. Toutefois, si on les laisse dans leur emballage d'origine, où l'émulsion se trouve en contact avec un carton noir spécial, la durée de conservation dépasse de 4 à 5 mois la date limite d'utilisation indiquée sur les boîtes.

Exposition des plaques autochromes. — Les plaques autochromes étant très sensibles à toutes les radiations visibles, l'ouverture des boîtes qui les contiennent et la mise en châssis ne doivent être exécutées qu'en lumière rouge extrêmement faible ou à la lueur d'une lanterne garnie de papiers *Virida* spécialement préparés à cet effet par MM. Lumière.

Chaque plaque est mise dans le châssis verre en avant et gélatine en arrière, contrairement à la disposition habituelle, car il est nécessaire que la lumière n'impressionne l'émulsion qu'après avoir traversé les granules colorés. Comme la couche sensible est très fragile, un carton noir la préserve des rayures qu'occasionneraient les ressorts du châssis.

L'exposition de la plaque par le revers modifie évidemment la mise au point. Toutefois, aucune correction n'est nécessaire, si l'on place en arrière de l'objectif le verre jaune préparé par les fabricants. L'interposition d'un verre détermine, en effet, une élongation du plan focal, et l'épaisseur du verre jaune est calculée de manière à compenser assez exactement le recul occasionné par le retournement de la plaque sensible.

On peut aussi effectuer la mise au point en retournant le verre dépoli et placer le verre jaune en avant de l'objectif. Mais, de toute façon, l'interposition de ce verre est indispensable pour compenser les différences d'actinisme. Cet écran a l'inconvénient d'allonger notablement le temps de pose, mais, sans cette précaution, on n'obtiendrait qu'une image bleue ou violacée. La nuance de l'écran fabriqué par MM. Lumière a été choisie avec le plus grand soin, de manière à réaliser une compensation chromatique rigoureusement exacte. Avec tout autre écran, l'effet serait presque à coup

sûr imparfait; une couleur dominerait plus ou moins, au détriment des autres, et le coloris tout entier en serait inévitablement faussé.

Malgré l'extrême sensibilité de leur émulsion, les plaques autochromes nécessitent une exposition environ 50 fois plus longue que les plaques Lumière étiquette bleue. La raison en est due à la double absorption que subissent les rayons lumineux en traversant d'abord le verre jaune, puis les grains de fécule colorés.

Vers le milieu de la journée, en plein soleil, pendant la belle saison, le temps de pose sera approximativement de 1 seconde et demie, si l'ouverture de l'objectif est égale à F : 10.

Traitement normal des autochromes. — La plaque impressionnée sera préservée de la lumière avec les mêmes précautions qu'au moment de la mise en châssis. On la placera dans une cuvette en porcelaine recouverte d'une planchette ou d'un carton, à moins qu'on ne fasse usage d'une cuve à fermeture étanche, dont il sera question plus loin.

Premier développement. — On prépare d'abord :

A.	Eau	100 cc.
	Bisulfite de soude liquide	2 gouttes
	Acide pyrogallique	3 gr.
	Bromure de potassium	3 —
B.	Eau	85 cc.
	Sulfite de soude anhydre	10 gr.
	Ammoniaque à 22° B	15 cc.

Pour une plaque 13×18, on prendra :

Eau	100 cc.
Solution A	10 —
Solution B	10 —

Ce mélange, ne se conservant pas, ne doit être préparé qu'au moment de l'emploi. Il ne sert qu'une seule fois et doit être jeté après; il est d'ailleurs déjà coloré avant la fin du développement.

Au moment où ce révélateur est versé dans la cuvette contenant la plaque, on consulte une montre, en même temps qu'on remet en place le couvercle ou la planchette qui doit préserver l'émulsion de la moindre lumière. La durée du développement est strictement limitée : elle est exactement de 2 minutes et demie, à la température de 15° à 16° qu'il est bon de ne pas dépasser.

Au bout de ce laps de temps, la plaque est retirée du révélateur et lavée dans l'eau pure pendant 30 secondes environ. On la plonge ensuite dans le bain d'inversion.

Le développement à durée fixe peut être effectué hors du laboratoire, si l'on emploie certaines cuvettes spécialement construites dans ce but, par exemple la cuve Marbach. Cet appareil (fig. 129 et 130) se compose de deux parties, la cuvette proprement dite et son couvercle. Une double gorge A (fig. 130) qui entoure le récipient et dans laquelle s'engage le couvercle empêche toute introduction de lumière. Sur le couvercle est ménagée une ouverture C, avec des chicanes qui permettent de verser le liquide à l'intérieur sans que le moindre rayon lumineux y puisse pénétrer. Une autre ouverture D, percée au fond de la cuvette et munie également de chicanes, laisse rapidement écouler les liquides, dès qu'on retire le bouchon qui la ferme, sans laisser entrer la lumière. On introduit d'abord la plaque autochrome dans la cuvette, soit en s'enfermant un instant dans le cabinet noir, soit au moyen d'un manchon en étoffe opaque, et l'on met le couvercle en place. Rien n'empêche ensuite de porter l'appareil en plein jour et de l'y laisser aussi longtemps qu'il sera nécessaire. On a pu opérer *en plein soleil,* sans remarquer le moindre voile. Au moment de développer, on prépare le révélateur comme il est dit plus haut, et on le verse par l'orifice d'admission, dont la surface est très large, de façon que l'action du bain soit immédiate sur toute l'étendue de la plaque. On consulte alors une montre (ce qui est beaucoup plus facile en plein jour que dans le laboratoire, sur-



Fig. 129. — Cuve Marbach.

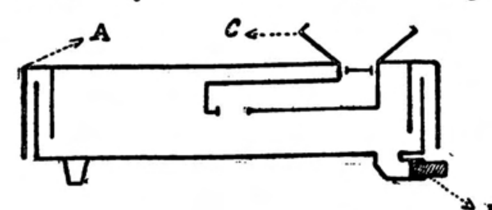


Fig. 130. — Coupe de la cuve Marbach.

tout avec l'éclairage très atténué qu'exige l'émulsion des autochromes), on balance régulièrement la cuve, et, au bout de 2 minutes et demie, on enlève le bouchon, ce qui permet au révélateur de s'écouler instantanément. On verse alors de l'eau pure par l'orifice supérieur, et on lave jusqu'à ce que le liquide qui sort par le fond soit parfaitement clair. On remet ensuite le bouchon, et on introduit la solution de permanganate acide qui va servir à l'inversion. Au bout de quelques secondes, on peut, sans inconvénient, enlever le couvercle et continuer en plein jour les opérations que nous allons décrire.

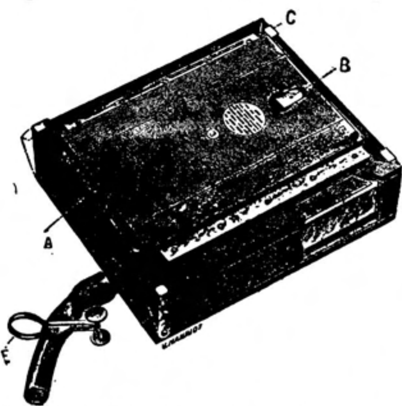


Fig. 131. — Cuve Mackenstein, pour le développement des plaques autochromes.

Une autre combinaison a été imaginée par M. Mackenstein. La plaque autochrome est placée dans un châssis spécial, qui s'adapte à une cuve étanche et permet de procéder au développement sans qu'il soit nécessaire de se servir d'un manchon ni de passer dans le laboratoire. Le châssis une fois engagé dans les glissières du couvercle C (fig. 131), on démasque la plaque en tirant le volet A et on la fait tomber dans le récipient, en faisant fonctionner le levier de déclanchement B. Les liquides sont introduits par un tube de caoutchouc finissant en entonnoir et fermé par une bague-pince E.

Inversion. — Le bain de dissolution de l'argent réduit constituant le négatif est préparé en mélangeant :

C.	Eau	1.000 cc.
	Permanganate de potasse	2 gr.
	Acide sulfurique à 66° B.	10 cc.

Cette solution se conserve un certain temps. Il faut la rejeter dès qu'elle devient trouble et se décolore.

La plaque développée et lavée est plongée dans le bain de per-

manganate acide. A partir de ce moment, les opérations peuvent et doivent même s'accomplir en pleine lumière.

L'argent réduit par le révélateur est rapidement dissous par la solution C, et la plaque examinée par transparence montre déjà un positif en couleurs, très faible, il est vrai, et d'un aspect assez désagréable, car ses opacités ne sont constituées que par le bromure d'argent resté inattaqué par le révélateur. C'est justement afin de pouvoir noircir rapidement ce bromure par un second développement qu'il est nécessaire d'opérer en pleine lumière.

Au bout de 2 à 3 minutes, la dissolution de l'argent est complète, et on jette la solution C, qui ne doit servir qu'une fois. On lave alors la plaque pendant 15 à 20 secondes. En même temps, on prépare le second révélateur. Pendant l'été, il est utile d'assurer à la gélatine une résistance suffisante en la plongeant pendant 2 minutes environ, au sortir du bain de dissolution du négatif, dans :

Eau	1.000 cc.
Alun de chrome	10 gr.

On rince ensuite la plaque, avant de la passer dans le second révélateur. On peut aussi, dans le même but, laisser sécher la plaque, avant de procéder au second développement.

Second développement. — On prépare, au moment d'opérer :

D.	Eau	100 cc.
	Sulfite de soude anhydre	1 gr. 5
	Diamidophénol	0 gr. 5

La plaque est laissée dans ce bain, en pleine lumière, pendant 2 à 3 minutes. Dès ce moment l'image est complète et, si on la juge suffisamment vigoureuse, il n'y a plus qu'à laisser sécher et à vernir ensuite la couche, comme nous le verrons plus loin. Mais, le plus souvent, elle est un peu pâle et gagne beaucoup à subir un renforcement, qui avive l'éclat des couleurs. Toutefois, rien n'empêche de laisser sécher la couche et de remettre à un autre jour la suite des opérations.

Oxydation. — Avant de renforcer l'image, il est indispensable d'éliminer la moindre trace de révélateur contenu dans la couche, en plongeant la plaque, préalablement lavée pendant 30 à 40 secondes, dans :

E.	Eau	1.000 cc.
	Solution de permanganate acide C	20 —

L'immersion dans ce bain ne dure que 10 secondes environ. On lave ensuite pendant 15 à 20 secondes, et on procède au renforcement.

Renforcement. — On prépare d'avance :

F.	Eau distillée	1.000 cc.
	Acide pyrogallique	3 gr.
	Acide citrique	3 gr.
G.	Eau distillée	100 cc.
	Nitrate d'argent	5 gr.

Pour renforcer, on prend :

Solution F	100 cc.
Solution G	10 —

Il faut observer l'accroissement d'intensité du diapositif, en l'examinant de temps en temps par transparence. Comme le nitrate d'argent salit les doigts, il est bon de saisir la plaque dans une pince spéciale dont les mâchoires doivent être en corne, en ébonite ou en celluloïd, et non pas en métal.

Le mélange ci-dessus jaunit peu à peu et finit par se troubler. Il doit être employé au plus vite et rejeté aussitôt que le trouble commence à se manifester. Presque toujours, le renforcement est suffisant avant que cette limite soit atteinte. Néanmoins, si l'on juge nécessaire de pousser plus loin l'intensification, il faudra préparer un nouveau bain, identique au premier, et procéder à un second renforcement, mais seulement après avoir passé la plaque dans l'eau, puis dans la solution E (bain d'oxydation), puis de nouveau dans l'eau.

Il arrive parfois que les blancs de l'image se teintent fortement en jaune et présentent le voile dichroïque. Il ne faut pas s'en préoccuper, car le voile argentique qui en est la cause disparaît dans les opérations suivantes, qui sont d'ailleurs indispensables après le renforcement.

Clarification. — La plaque renforcée est lavée pendant quelques secondes, puis immergée dans une solution de permanganate sans acide :

H.	Eau	1.000 cc.
	Permanganate de potasse	1 gr.

On laisse agir ce bain pendant 30 à 60 secondes.

Fixage. — Après un lavage sommaire, la plaque est fixée dans :

I.	Eau	1.000 cc.
	Hyposulfite de soude	150 gr.
	Bisulfite de soude (solution commerciale)	50 cc.

Au bout de deux minutes, on procède au lavage final, dans l'eau courante. Il est inutile de prolonger ce lavage au delà de 4 à 5 minutes.

Si les blancs de l'image conservaient une légère teinte jaunâtre, on la ferait disparaître, en recommençant le traitement au permanganate neutre (H) et à l'hyposulfite acidifié (I).

Aussitôt le dernier lavage terminé, la plaque est mise à égoutter, dans un local suffisamment aéré pour que la dessiccation s'accomplisse aussi rapidement que possible. Mais il faut bien se garder d'activer le séchage par l'alcool, qui aurait pour effet immédiat de faire disparaître les couleurs. Il faut également éviter d'exposer la plaque à une température supérieure à 25°.

Vernissage. — Après dessiccation complète de la couche, il est nécessaire de la vernir, non seulement pour en assurer la conservation, mais aussi pour augmenter la transparence et l'éclat de l'image. Le vernis employé ne doit point contenir d'alcool, et le meilleur est celui qu'indiquent MM. Lumière :

J.	Benzine cristallisable	100 cc.
	Gomme dammar	20 gr.

La solution sera filtrée, si elle n'est pas absolument limpide, et appliquée à froid : on en verse une quantité suffisante sur la plaque soutenue par l'un de ses angles; on incline ensuite la plaque de façon à faire couler le liquide sur toute sa surface, puis on reverse l'excès de vernis dans son flacon muni d'un entonnoir.

Le diapositif en couleurs ainsi obtenu est d'une stabilité très satisfaisante; il ne s'altère pas sensiblement à la lumière diffuse, mais il faut éviter de l'exposer inutilement au soleil ou à la chaleur, qui risqueraient d'occasionner des craquelures.

Développement méthodique. — Le développement à durée fixe

(2 minutes 1/2) indiqué dans le paragraphe précédent n'est pratiquement applicable qu'aux plaques dont le temps de pose ne s'est pas notablement écarté du temps de pose normal. En cas de surexposition, cette méthode conduit à des images dont les détails sont rongés, et en cas de sous-exposition, elle donne des diapositifs trop opaques. Le moyen de remédier à ces erreurs de pose est de substituer au développement purement automatique une méthode différente permettant de reconnaître immédiatement (d'après la durée d'apparition des premiers contours de l'image dans un révélateur dilué) dans quelles proportions doivent être modifiées la durée totale du développement et la composition du révélateur.

Le laboratoire doit être éclairé par une lanterne munie de papiers *Virida,* qui laisseront apercevoir l'image sans la voiler. Le développement est effectué soit au pyrogallol, soit à la métoquinone.

Développement au pyrogallol. — On emploie la solution A telle qu'elle est indiquée au paragraphe précédent, mais la solution B doit être diluée au quart, soit :

Eau	3 parties.
Solution B	1 —

Pour développer une autochrome 13 × 18, on verse dans la cuvette :

Eau	80 cc.
Solution A	10 —
Solution B *diluée*	10 —

D'autre part, on versera dans une éprouvette graduée 45 cc. de la solution B diluée prêts à être ajoutés en totalité ou en partie au révélateur pendant le développement, si on le juge nécessaire. La température du bain doit être de 15° à 16°.

On retire la plaque du châssis en s'éloignant le plus possible de la lanterne, et on la plonge rapidement dans le bain. On commence aussitôt à compter le nombre de secondes qui vont s'écouler entre l'immersion et l'apparition des premiers contours de l'image. S'il s'agit d'un paysage, il ne faut pas tenir compte du ciel.

Il est inutile d'observer l'image avant d'avoir compté au moins 20 secondes, car, quel que soit le degré de surexposition d'une autochrome, les premiers contours ne se montrent jamais avant 22 secondes. Jusque-là, il vaut donc mieux préserver l'émulsion

de la lumière, en recouvrant la cuvette d'une planchette. Le nombre de secondes comptées depuis l'immersion de la plaque jusqu'à l'apparition de l'image sert à déterminer, d'après le tableau suivant, la quantité de solution B diluée qu'il faut ajouter au révélateur, ainsi que la durée du développement.

DURÉE D'APPARITION DES PREMIERS CONTOURS DE L'IMAGE SANS TENIR COMPTE DES CIELS	QUANTITÉ DE SOLUTION AMMONIACALE A AJOUTER APRÈS L'APPARITION DE L'IMAGE POUR UNE ÉPREUVE 13×18	DURÉE TOTALE DU DÉVELOPPEMENT A PARTIR DE L'IMMERSION DE LA PLAQUE	
Secondes.	Centimètres cubes.	Minutes.	Secondes.
22 à 24	Néant.	2	»
25 à 27	2	2	15
28 à 30	8	2	30
31 à 35	15	2	30
36 à 41	20	2	30
42 à 48	25	2	30
49 à 55	30	2	45
56 à 64	35	3	»
65 à 75	40	4	»
Au-dessus de 75	45	5	»

On trouve dans le commerce ce tableau imprimé sur papier transparent, que l'on colle sur le verre de la lanterne, de manière à pouvoir le consulter plus commodément. C'est au moment où les contours de l'image font leur apparition que l'on doit ajouter le complément nécessaire de la solution ammoniacale B diluée. Supposons, par exemple, que l'image ait commencé à se montrer 50 secondes après l'immersion de la plaque : un coup d'œil jeté sur le tableau transparent nous indique qu'il faut ajouter 30 cc. de solution B diluée et continuer le développement de manière que sa durée totale soit de 2 minutes 45 secondes.

Ce laps de temps écoulé, on lave la plaque et on la passe dans le bain d'inversion C.

Développement à la métoquinone. — On prépare d'avance une solution concentrée :

Eau.................................... 1.000 cc.

Métoquinone	15 gr.
Sulfite de soude anhydre	100 gr.
Bromure de potassium	6 —
Ammoniaque à 22° B	32 cc.

Pour développer une plaque 13×18, on verse dans la cuvette :

Eau	80 cc.
Révélateur concentré à la métoquinone	5 —

D'autre part, on verse dans une éprouvette 15 cc. du révélateur concentré, et dans une autre éprouvette 45 cc. de la même solution. On placera ces deux éprouvettes à proximité de la lanterne garnie de papiers *Virida*, de manière à retrouver immédiatement celle dont on aura besoin. La température du révélateur doit s'écarter aussi peu que possible de 15°.

On plonge la plaque dans la cuvette, et on compte le nombre de secondes qui s'écoulent jusqu'à l'apparition de l'image (toujours sans tenir compte des ciels). Si l'image apparaît avant 40 secondes, il faut ajouter seulement 15 cc. de révélateur concentré; si, au contraire, elle n'apparaît qu'après 40 secondes, il faut ajouter 45 cc. de solution concentrée. Ces indications, ainsi que la durée totale du développement, sont imprimées sur un papier transparent que l'on fixe sur le verre de la lanterne. Ce tableau, fourni gratuitement par les fabricants des plaques autochromes, est ci-après reproduit :

DURÉE D'APPARITION DES PREMIERS CONTOURS DE L'IMAGE SANS TENIR COMPTE DES CIELS	QUANTITÉ DE RÉVÉLATEUR A AJOUTER DÈS L'APPARITION DES PREMIERS CONTOURS	DURÉE TOTALE DU DÉVELOPPEMENT Y COMPRIS LA DURÉE D'APPARITION DE L'IMAGE	
Secondes.	Cent. cubes.	Minutes.	Secondes.
12 à 14	15	1	15
15 à 17	15	1	45
18 à 21	15	2	15
22 à 27	15	3	
28 à 33	15	3	30
34 à 39	15	4	30
Forte sous-exposition. de 40 à 47	45	3	
Forte sous-exposition. Au-dessus de 47	45	4	

Traitement simplifié des autochromes. — Les manipulations énumérées dans les paragraphes précédents fournissent de très beaux diapositifs en couleurs, mais elles sont un peu compliquées. MM. Lumière ont fait connaître une méthode beaucoup plus simple et qui donne des résultats presque équivalents, quand le temps de pose a été exactement calculé. Deux solutions seulement sont nécessaires : l'une sert au premier et au second développement, l'autre à l'inversion. Il n'est pas nécessaire de fixer, quand on ne renforce pas.

Le bain de développement est le révélateur à la métoquinone dont nous avons indiqué dans le paragraphe précédent la formule en solution concentrée.

Pour une plaque 13×18, on prendra :

Révélateur concentré à la métoquinone	20 cc.
Eau	80 —

La durée du développement est exactement de 2 minutes et demie, si le temps de pose est correct et la température voisine de 15°. Si l'on a des doutes sur l'exactitude du temps de pose, on procédera comme il est dit au paragraphe précédent. Le développement achevé, on laisse dans la cuvette le révélateur qui va servir une seconde fois, pour noircir le positif, et la plaque est lavée sommairement. On la passe ensuite dans la solution de permanganate acide C, où se dissout l'argent réduit par le révélateur. A partir de ce moment, on opère en plein jour.

Au bout de 3 ou 4 minutes, la plaque est retirée du bain d'inversion, rincée pendant 30 secondes environ, et plongée de nouveau dans le révélateur qui avait servi au premier développement; on la laisse dans ce bain jusqu'à ce que le positif ait complètement noirci, ce qui exige environ 3 à 4 minutes. Après un lavage de 3 à 4 minutes, il n'y a plus qu'à laisser sécher, et à vernir ensuite, si l'image est suffisamment intense.

Si elle était trop faible, il y aurait lieu de la renforcer. Il serait alors nécessaire de passer la plaque, d'abord dans le bain d'oxydation E, puis dans le renforçateur (solutions F et G), puis dans le bain de clarification H et enfin dans le fixateur I.

Insuccès. — Le seul point vraiment délicat de l'autochromie,

c'est l'appréciation du temps de pose, d'où dépendent non seulement l'exactitude du modelé, mais aussi l'harmonie des couleurs, et c'est de là surtout que viennent les déceptions. Il importe donc de savoir à quels signes on reconnaîtra que l'exposition a été ou trop courte ou trop longue. Mais il convient de signaler aussi la conséquence de certaines négligences, assez fréquentes chez les débutants.

Défaut de netteté. — Si les contours du modèle sont seuls dédoublés, c'est qu'il a bougé; si la duplication s'étend à toutes les lignes du tableau, elle est due au déplacement ou à la vibration de l'appareil. Si le flou est général et d'aspect cotonneux, la cause en est imputable à une mise au point inexacte : on aura oublié de retourner le verre dépoli, quoique le filtre jaune fût placé derrière l'objectif; ou bien, le verre dépoli étant retourné, on n'aura adapté l'écran compensateur qu'après le réglage de la mise au point.

Image jaunâtre. — Coloration des lentilles de l'objectif.

Image rouge ou verte. — La plaque aura subi, par le verso, l'action prolongée de la lumière rouge ou verte émise par la lanterne.

Image bleue. — Verre jaune oublié ou mal ajusté.

Image voilée ou très intense et sans aucune trace de coloris. — L'émulsion aura directement reçu les radiations émises par la lanterne; ou bien le photographe, habitué à mettre ses plaques en châssis l'émulsion en avant, aura, par distraction, procédé comme il le faisait autrefois. Les éléments sélecteurs se trouvant dès lors placés derrière l'émulsion, aucun effet de coloration n'est plus possible.

Image terne, quoique intense, avec des couleurs lavées. — Poussière ou buée sur l'objectif; lumière réfléchie d'une lentille à l'autre.

Image faible, couleurs lavées. — Surexposition, ou révélateur trop chaud, ou premier développement trop prolongé. Dans chacun de ces cas, le négatif étant trop noir, il ne reste plus assez de bromure d'argent pour que le second révélateur fournisse un positif suffisamment intense. Il peut alors arriver que les opacités ne soient plus assez fortes pour masquer les grains de fécule dont la disparition devrait avoir pour effet de faire ressortir telle ou telle nuance.

Défaut de transparence. — Sous-exposition, révélateur trop froid ou développement arrêté trop tôt. Le négatif n'ayant pas été développé à fond, il reste trop de bromure d'argent, en sorte que le second développement détermine un assombrissement général.

Demi-teintes rongées. — Le bain d'oxydation E était trop concentré, ou bien la plaque y a séjourné trop longtemps.

Voile dichroïque. — Renforcement trop prolongé, clarification (dans la solution H) insuffisante. On y remédie en reprenant le traitement par le permanganate neutre, comme il est indiqué p. 374.

Couleurs affaiblies dans le fixateur. — Le second révélateur était trop faible, ou son action n'a pas été suffisamment prolongée, ou, enfin, la plaque n'a pas été exposée à une lumière assez intense pour assurer la décomposition de tout le bromure d'argent. On est prévenu de cette insuffisance lorsque, en traitant la plaque par le bain d'oxydation E, on voit l'image blanchir. On devra alors suspendre l'opération et faire subir à la plaque un nouveau développement en plein jour.

Traînées noirâtres. — Si le traitement par le permanganate acide (solution C) a été interrompu trop tôt, ou si le bain est trouble, il reste de petites quantités d'argent non dissous, résidus de l'image négative. Au renforcement, ces particules s'intensifient et apparaissent sous forme de traînées noirâtres irrégulières. Les mêmes traînées se montrent également quand la cuvette n'a pas été suffisamment agitée pendant le premier développement.

Décollements. — La température des bains dans lesquels sont immergées les plaques autochromes ne doit pas dépasser 15°. Les eaux de lavage doivent également avoir une température voisine de ce point. Si la température est trop élevée, et surtout s'il y a une trop grande différence entre la température des bains et celle des eaux de lavages, la couche gélatineuse risque de se décoller. On évite cet accident en faisant refroidir les solutions, en employant de l'eau fraîche pour les lavages, et en laissant tremper les cuvettes dans de l'eau froide avant d'en faire usage. On peut aussi durcir la couche dans l'alun de chrome, comme il a été dit p. 373, ou laisser sécher la plaque après le traitement par le bain C, et reprendre la suite des opérations avec cette plaque sèche.

Empreintes des doigts sur l'image. — Il faut éviter de toucher

l'émulsion : le simple contact des doigts sur la couche gélatineuse se traduit par une marque foncée.

Points blancs. — Ces lacunes du réseau seront bouchées au pinceau enduit, suivant le cas, d'encre de Chine ou d'une couleur d'aquarelle : laque carminée, gomme-gutte ou bleu de Prusse.

Points noirs. — On peut les effacer à l'aide d'un pinceau très fin imbibé de la solution de permanganate acide C ou de la solution suivante :

Eau	50 cc.
Iodure de potassium	3 gr.
Iode en paillettes	1 —

Après cette retouche chimique, il est nécessaire de laver la plaque et de la passer ensuite dans le bain de fixage. Après un nouveau lavage, on laisse sécher.

Autochromie instantanée. — Bien que la lenteur relative des plaques autochromes exclue, en principe, la reproduction des sujets animés, on arrive à exécuter des instantanés en couleurs, soit à la lumière artificielle, soit à la lumière diurne.

Les instantanés en lumière artificielle sont relativement faciles à obtenir, puisqu'il suffit d'augmenter notablement la dose de poudre-éclair. Toutefois, en pratique, cette combinaison n'est pas si simple qu'elle paraît. D'abord, le verre jaune ordinaire ne suffit plus pour équilibrer le coloris. Il faut préparer un écran compensateur spécial pour chaque espèce de poudre utilisée, le spectre de la lumière émise variant suivant le métal et suivant l'oxydant qui constituent le mélange éclairant. En outre, la plupart des poudres photogènes sont de dangereux explosifs, et il n'est pas prudent d'enflammer une quantité exagérée d'un produit contenant du chlorate de potasse ou quelque autre substance similaire.

La poudre au perchlorate de potasse, dont le mode de préparation a été indiqué p. 128, n'offre pas ces inconvénients. Elle n'est pas sujette aux explosions spontanées, elle résiste aux chocs, et cette stabilité permet de l'employer en toute sécurité, même à dose élevée. Appliquée aux reproductions en couleurs par les plaques autochromes, elle exige l'interposition d'un écran spécial, de couleur jaune verdâtre, fabriqué par la société Lumière.

La quantité de poudre à employer varie naturellement suivant

les dimensions du local, la couleur de ses parois, la distance du sujet principal, etc. On peut cependant indiquer, à titre de donnée approximative, qu'avec un objectif ouvert à F : 5, il faudra environ 8 grammes de poudre au perchlorate pour une plaque 13×18, et 5 grammes pour une plaque 9×12. Il va sans dire que, si l'on utilise une ouverture différente, la quantité de poudre sera modifiée, en raison inverse du carré du diamètre utile du diaphragme. Ainsi, les doses qui viennent d'être indiquées seront doublées, si l'objectif fonctionne à F : 7.

L'exécution des instantanés en plein air n'est possible qu'à la condition de modifier la sensibilité de l'émulsion des autochromes. M. Ch. Simmen a trouvé le moyen de rendre ces plaques *huit fois plus sensibles*, en améliorant leur orthochromatisme de manière à supprimer le verre jaune, dont l'interposition est l'une des causes principales de la longueur du temps de pose.

Les matières employées par M. Simmen sont le pinaverdol, le pinacyanol et le pinachrome. Les deux premiers augmentent la sensibilité surtout pour le vert-bleu et l'orangé, le troisième la renforce surtout pour le jaune. Il s'agit de doser convenablement ces trois sensibilisateurs, de manière à équilibrer les couleurs aussi exactement que possible. Ce dosage est un peu délicat, parce que les propriétés sensibilisatrices du pinaverdol et du pinacyanol varient notablement suivant les échantillons. Il faut donc procéder par tâtonnements et modifier la proportion des trois sensibilisateurs, en solutions à 1 p. 1000, jusqu'à ce que les couleurs soient exactement rendues. Le mélange une fois déterminé, le bain sensibilisateur définitif est constitué par :

Eau distillée	66 cc.
Alcool éthylique	33 cc.
Ammoniaque à 22°	0 cc. 1
Solution sensibilisatrice	2 cc

Les plaques, époussetées avec soin, sont immergées dans ce bain et doivent y séjourner exactement 5 minutes. On les fait ensuite sécher. Il va sans dire que ces manipulations s'accomplissent dans l'obscurité complète.

L'émulsion possédant, dès lors, une sensibilité chromatique identique à celle de notre œil pour toutes les radiations visibles, il n'y

a plus à compenser de différences d'actinisme. Toutefois, comme le traitement qui vient d'être décrit n'a pas supprimé lasensibilité que le gélatinobromure d'argent possède pour les radiations ultra-violettes, il reste à absorber ces radiations invisibles, en interposant un écran préparé à l'aide de la solution suivante :

Eau distillée	100 cc.
Gélatine tendre	10 gr.
Ammoniaque	1 cc.
Glycérine	0 cc. 2
Esculine	0 gr. 2

On en recouvre deux lames de verre à faces parallèles, à raison de 1 cc. de liquide pour 8 centimètres carrés de surface d'écran. Après dessiccation, les deux glaces sont appliquées l'une contre l'autre, gélatine sur gélatine, et collées au baume du Canada.

Les plaques sensibilisées par le procédé Simmen et impressionnées à travers l'écran à l'esculine n'exigent, toutes choses égales d'ailleurs, qu'une exposition 8 fois plus courte que les autochromes employées suivant la méthode habituelle. Ainsi, avec un objectif diaphragmé à F : 5, il devient possible de photographier une scène animée en 1/50 de seconde, si l'on opère par une belle lumière. Si le temps est couvert, on peut encore réussir en ne posant que 1/10 de seconde. La plupart des sujets intéressants se trouvent donc désormais accessibles à l'autochromiste.

La méthode précédente est assez délicate : la préparation de l'écran offre surtout quelques difficultés pour l'amateur. Afin de diminuer les risques d'insuccès, M. Thovert a indiqué un bain hypersensibilisateur évitant la fabrication d'un écran compensateur spécial et permettant d'employer un écran que l'on trouve couramment dans le commerce (c'est l'écran pour reproductions au magnésium, dont il va être question dans le paragraphe suivant). Pour l'hypersensibilisation, on prépare d'abord une solution de réserve :

Alcool à 90°	1.000 cc.
Pinachrome	1 gr.

Au moment de l'emploi, on prend 1 cc. de cette solution, que l'on ajoute à 1 litre d'eau contenant 2 ou 3 gouttes d'ammoniaque. On verse le tout dans une cuvette parfaitement propre, et l'on y

plonge les plaques, qui doivent y séjourner 5 minutes. On peut opérer sur plusieurs plaques à la fois, en se servant d'une cuve verticale à rainures, mais le bain doit être constamment agité. Les plaques sont ensuite mises à égoutter verticalement par un angle, où les gouttelettes qui restent sont absorbées par un buvard blanc. Après 3 minutes, on essuie le dos des plaques, et on les fait sécher le plus rapidement possible. On trouve dans le commerce des boîtes spécialement destinées à cette dessiccation[1]. Toutes ces opérations doivent être effectuées dans l'obscurité; cependant, on peut utiliser une lanterne munie de papier Virida, afin de se rendre compte de ce que l'on fait, mais il ne faut y avoir recours que le moins possible.

Si les plaques ainsi traitées accusent une dominante jaune, c'est que l'immersion dans le bain aura été trop prolongée ou que la température était trop élevée. Une dominante bleue serait l'indice des défauts contraires. Si la dominante est rouge ou orangée, c'est que le bain était trop concentré; elle sera verte, dans le cas de concentration trop faible. Ces observations effectuées sur une plaque d'essai permettront de rectifier le traitement des autres autochromes que l'on se propose d'hypersensibiliser.

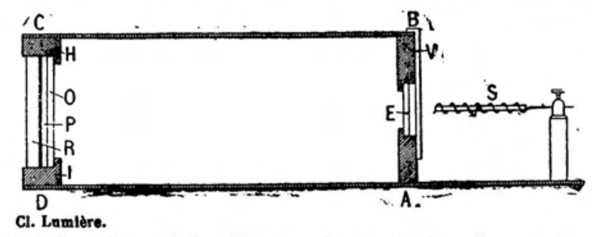
Les plaques hypersensibilisées ne se conservent pas longtemps et doivent être utilisées avant 15 jours. Aussi ne peuvent-elles être préparées industriellement. Ajoutons que, pour simplifier la besogne de l'amateur, MM. Lumière livrent une solution qui permet d'augmenter quatre fois la sensibilité de leurs plaques autochromes.

Reproduction des autochromes. — Les plaques autochromes peuvent être reproduites comme les diapositifs ordinaires, à l'aide d'une chambre noire. L'objectif doit être muni d'un verre jaune. Cette combinaison est la seule possible lorsqu'il s'agit d'obtenir une reproduction réduite ou amplifiée. Pour les reproductions à taille égale, il vaut mieux procéder par contact, afin d'éviter la longue pose nécessitée par l'impression à la chambre noire. Toutefois, on rencontre ici une difficulté résultant de l'obligation d'impressionner la couche derrière le filtre sélecteur. Il faut appliquer contre l'image à reproduire, non pas l'émulsion sensible, mais le

1. Essoreuse et dessiccateur, système Adrien.

côté verre de l'autochrome que l'on veut impressionner par contact. Les deux couches se trouvent ainsi séparées par toute l'épaisseur du verre et, pour éviter la diffusion de lumière qui tend à se produire dans ces conditions, ainsi que les effets de parallaxe que déterminerait l'emploi d'une source lumineuse étendue, il est nécessaire d'employer une source lumineuse très réduite et fixe.

MM. Lumière ont réalisé un dispositif très simple et qui satisfait bien aux conditions requises (fig. 132). Une caisse rectangulaire en bois ABCD, de $0^{m},40$ environ de longueur, étanche à la lumière et noircie intérieurement, est percée en E d'une ouverture à laquelle s'adapte un verre coloré de manière à donner un effet orthochro-



Cl. Lumière.

Fig. 132. — Appareil Lumière pour la reproduction des autochromes.

matique exact avec la lumière du magnésium. Cette ouverture peut être à volonté masquée ou découverte en déplaçant le volet V. L'extrémité opposée de la caisse contient un châssis HI, dans lequel on place d'abord le chromotype à reproduire O, le côté verre en avant, c'est-à-dire regardant l'ouverture E, puis la plaque autochrome non impressionnée P, le côté verre en contact avec le chromotype, et ensuite le carton noir habituel, appliqué contre l'émulsion. On ferme enfin le châssis à l'aide du volet R.

En face de l'ouverture antérieure, une colonne soutient une spirale en fil de fer horizontale S, dans laquelle on introduit un ruban de magnésium coupé à la longueur convenable (10 à 20 centimètres en moyenne, pour un ruban de $2^{mm},5$ de largeur, suivant l'opacité du chromotype à reproduire), et plié en deux de manière à n'occuper dans la spirale qu'une longueur deux fois moindre.

Le magnésium est enflammé de préférence avec une lampe à alcool, et on ouvre immédiatement le volet V, que l'on referme

aussitôt la combustion achevée. La plaque autochrome ainsi impressionnée est traitée comme à l'ordinaire.

Reproductions négatives. — Les autochromes reproduites suivant la méthode habituelle, c'est-à-dire aboutissant à un diapositif, présentent souvent une couleur dominante, et ce défaut s'explique aisément. L'écran jaune interposé lors de l'exposition de la première plaque a été établi avec le plus grand soin, de manière à compenser aussi exactement que possible les défauts d'isochromatisme de l'émulsion; cependant, en pratique, la compensation ne saurait être absolument rigoureuse, et, suivant les circonstances de la pose et la qualité de l'éclairage, il peut y avoir sur le diapositif une teinte résiduelle.

Cette teinte est presque toujours trop légère pour qu'on puisse la remarquer sur la première plaque; mais, si l'on veut reproduire cette image dans les mêmes conditions, avec le même éclairage et le même écran, la reproduction se trouvera entachée d'une dominante sensiblement plus apparente.

En effet, supposons que l'écran employé soit tel que les objets blancs soient reproduits légèrement jaunâtres. Si nous reproduisons ensuite cette image avec le même écran, qui tend à traduire en jaune même le blanc pur, l'image primitive légèrement jaunâtre se trouvera traduite par un jaune plus accentué. Et, si cette seconde image devait être soumise à son tour à la reproduction, de la même manière, la troisième image serait encore plus jaune, le défaut initial s'aggravant de plus en plus.

M. E. Cousin a trouvé le moyen d'éviter toute dominante, quel que soit l'écran employé, et même en supprimant toute espèce d'écran compensateur. Son procédé consiste à traiter d'abord une plaque autochrome de manière à obtenir un négatif. Pour cela, il suffit d'opérer comme dans la photographie en noir : au lieu d'inverser, après le développement, on se borne à fixer l'image négative dans l'hyposulfite de soude; on a ainsi un cliché où les blancs du sujet sont traduits par des opacités et ses noirs par des transparences, et où chaque couleur se trouve représentée par sa complémentaire. Ce phototype négatif sert ensuite à exécuter des copies positives sur autochromes, en procédant de la même façon, c'est-à-dire par simple développement et fixage.

Si la première plaque a été exposée sans écran, les autres devront être exposées de même; et, si l'on fait usage d'un écran dans la première opération, cet écran devra encore être interposé lorsqu'il s'agira de tirer les photocopies. Autant que possible, la lumière devra être la même dans les deux cas.

En procédant ainsi, la dominante qui tendrait à se produire sur les positifs se trouve neutralisée par la dominante, de couleur complémentaire, que présente le négatif.

M. Cousin juge néanmoins avantageux d'employer, autant que possible, l'écran autochrome spécial pour la lumière utilisée, car la correction laissée à la charge du négatif est alors moins importante et, par suite, mieux assurée. Avec ou sans écran, du reste, le temps de pose est à peu près le même, parce qu'il faut laisser aux radiations jaunes le temps d'agir, et l'écran n'a point d'influence sur elles.

Il est utile de poser un peu plus longtemps qu'on ne le fait dans la méthode ordinaire et de pousser le développement, afin d'avoir un négatif assez intense; sans quoi, la lumière le traversant trop facilement, il ne pourrait pas réaliser complètement la correction nécessaire.

On peut ainsi multiplier les images autochromes, soit à la même échelle, soit en les amplifiant ou en les réduisant. L'emploi de la lumière artificielle permet d'opérer rapidement et avec une parfaite régularité.

Filtres trichromes à éléments réguliers. — Diverses combinaisons ont été proposées pour réaliser des réseaux sélecteurs constitués par des éléments de formes géométriques et régulièrement répartis sur toute la surface. Dans les deux premières éditions de cet ouvrage, nous décrivions le mode de préparation et le mode d'emploi des plaques *omnicolores* de MM. Ducos du Hauron et de Bercegol et des plaques *dioptichromes* de M. Dufay. Les unes et les autres donnaient de belles images en couleurs; mais la préparation en était difficile, et les éléments sélecteurs un peu trop apparents. La fabrication de ces plaques a été interrompue; cependant, le principe du réseau à éléments réguliers n'est pas abandonné, comme on le verra au paragraphe suivant, et, à ce titre, il n'est pas sans intérêt de savoir comment on arrive à obtenir une surface couverte

de carrés colorés presque microscopiques, étroitement juxtaposés et uniformément distribués, sans lacunes ni empiétements.

Voici, entre autres, la méthode imaginée par M. Dufay. Sur une plaque de verre gélatinée, on imprime à l'encre grasse un réseau de lignes parallèles et équidistantes, très fines et très serrées. On plonge ensuite la plaque dans un colorant vert en solution aqueuse, qui ne peut pénétrer dans la gélatine qu'aux endroits non protégés par les lignes grasses. On fait sécher, on recouvre d'un vernis résineux, on fait de nouveau sécher, et l'on enlève l'encre grasse à l'aide d'un tampon imbibé d'un dissolvant qui n'attaque pas la résine. Celle-ci reste donc adhérente aux lignes teintées en vert, tandis que, sur les bandes non colorées, elle est enlevée en même temps que l'encre grasse sous-jacente.

On imprime alors un nouveau réseau ligné à l'encre grasse, perpendiculaire au premier, et l'on immerge dans un colorant rouge-orangé. Le liquide ne peut traverser ni les lignes vernies ni les lignes encrées : il n'imbibe la gélatine que dans les espaces restés à nu et qui présentent la forme de petits carrés intercalés entre les deux séries de lignes croisées à angle droit. A ce moment de la fabrication, la surface est donc composée de lignes vertes, de carrés rouge-orangé et de carrés incolores. On recouvre le tout de vernis, on enlève l'encre grasse, et l'on plonge la plaque dans une solution violette qui, ne pouvant traverser ni les bandes vertes ni les carrés rouges, pénètre uniquement dans les carrés incolores. Les trois couleurs fondamentales occupent ainsi les compartiments qui leur étaient assignés.

Une dernière application de vernis protège le filtre trichrome.

Procédé Paget Color. — La Paget Prize Plate Co., de Watford, exploite un procédé de photographie en couleurs qui fournit des résultats analogues à ceux des plaques autochromes, mais qui s'en distingue pourtant par de notables différences. Dans ce procédé, dû à M. G. Whitfield, le réseau sélecteur et la couche sensible ne sont point solidaires : ils sont fixés sur des plaques de verre distinctes, et le négatif noir une fois obtenu sert à tirer des diapositifs noirs, qui reconstituent le coloris du modèle, lorsqu'on les met en contact avec le réseau coloré sous lequel a été pris le négatif, ou avec un autre réseau qui lui soit exactement superposable.

Le principe de cette méthode avait été prévu par Ducos du Hauron, dans ce passage de son brevet du 23 novembre 1868 : « On aura, une fois pour toutes, une pellicule unique ou feuille de mica recouverte, sur un côté, de raies rouges, jaunes et bleues... On se sert alors de cette pellicule comme tamis pour obtenir, sur d'autres surfaces mises en contact avec elle (papier, verre, etc.), des clichés négatifs au bromure d'argent ; chacun de ces clichés fournira à son tour des positifs de couleur noire au charbon sur pellicule, verre ou mica, etc. ; il ne restera plus qu'à appliquer chacun de ces positifs sur une surface opaque ou transparente recouverte mécaniquement de raies rouges, jaunes et bleues correspondant une à une par leur position aux raies de la pellicule qui a servi au tamisage des rayons de couleurs simples. »

On a vu (p. 367) que John Joly avait essayé de mettre cette combinaison en pratique, mais qu'il n'était pas arrivé à réaliser un réseau coloré à la fois assez fin et facile à repérer. Ces difficultés ont été heureusement résolues par la Cie Paget, qui est parvenue à fabriquer un réseau quadrillé en trois couleurs, d'une extrême finesse et parfaitement régulier.

Les éléments sélecteurs carrés sont juxtaposés sur une mince plaque de verre gélatinée. Les carrés rouges et les carrés verts mesurent $0^{mm},080$ de côté. Les carrés violets ne mesurent que $0^{mm},064$, mais leur nombre est égal au total des carrés rouges et des carrés verts. A l'œil nu, on ne distingue pas ces couleurs ; à peine aperçoit-on, quand on a très bonne vue, un léger quadrillage, comme sur les plus fines trames de photogravure, et les teintes en sont assez bien équilibrées pour que l'ensemble paraisse incolore.

Cet écran est placé, dans le châssis négatif, en contact avec une plaque sensible spéciale. Bien que l'émulsion employée soit orthochromatique, il est indispensable d'interposer un écran jaune compensateur. Néanmoins, la pose est assez rapide : pour en donner une idée, nous dirons qu'en plein air, par un très beau temps, elle est de $1/10^e$ de seconde, avec un objectif diaphragmé à F : 6,5.

Les deux plaques accolées sont alors séparées : l'écran mosaïque est mis de côté, pour servir à prendre d'autres vues, et la plaque sensible est plongée dans le révélateur. On recommande

particulièrement à cet effet le *Rodinal*[1], additionné d'eau de façon à amener à 30 volumes un volume de la solution commerciale concentrée. Dans ce bain, à la température de 16 à 18°, la durée normale du développement est de 2 minutes. On rince ensuite la plaque à l'eau pure, et l'on fixe en bain acide, soit, par exemple, dans une solution d'hyposulfite de soude à 25 p. 100 additionnée d'environ 25 cc. de bisulfite de soude par litre de fixateur. Après un lavage d'une vingtaine de minutes, on met à sécher.

L'image ainsi obtenue est un négatif monochrome, finement quadrillé, comme une héliogravure. Si on l'appliquait contre le réseau sélecteur exactement repéré, on y verrait les couleurs complémentaires de celles du sujet : un ciel bleu serait orangé; un bouquet de violettes, jaune; les feuilles, rouges, etc. Mais ce réseau n'est plus d'aucune utilité pour les opérations suivantes.

Les diapositifs sont tirés sur des plaques à émulsion lente. La couche sensible est mise en contact avec le négatif, et les deux plaques, serrées dans un châssis-presse, sont exposées à la lumière. A 30 centimètres d'une bougie, la durée de l'exposition est d'environ 15 secondes; à 1 mètre d'une lampe électrique à filament de charbon de 16 bougies, elle sera de 5 secondes.

Le révélateur doit donner des images très pures et très vigoureuses, d'un noir neutre. La formule suivante satisfait bien à ces conditions :

A.	Eau	1.000 cc.
	Hydroquinone	12 gr.
	Métabisulfite de potasse	12 gr.
	Bromure de potassium	12 gr.
B.	Eau	1.000 cc.
	Potasse caustique pure	24 gr.

Au moment de l'emploi, mélanger volumes égaux des solutions A et B, agiter vivement et commencer aussitôt le développement, qui doit durer à peu près 2 minutes et demie, à la température de

1. Le rodinal est un révélateur concentré au paramidophénol. En voici une formule de préparation :

Eau distillée	800 cc.
Sulfite de potasse	300 gr.
Chlorhydrate de paramidophénol	100 gr.

On ajoute ensuite de la soude caustique, jusqu'à dissolution du précipité qui s'était formé.

15 ou 16°. Il faut que les grands noirs transparaissent au dos de la plaque et qu'il ne reste nulle part de blancs purs : si ce résultat est atteint avant 2 minutes, c'est un indice de surexposition; si, au contraire, le développement exige plus de 3 minutes, l'exposition a été insuffisante. Dans un cas comme dans l'autre, il vaut mieux recommencer un autre diapositif, en rectifiant la durée de l'impression lumineuse.

Le fixage s'effectue en bain acide, comme celui du négatif.

Après lavage et séchage, le diapositif monochrome est appliqué contre un *écran de vision,* dont la structure est identique à celle de l'écran sélecteur, mais avec des couleurs plus saturées. Les éléments colorés étant distribués régulièrement, on peut réaliser un repérage très précis, et l'image acquiert alors toutes ses couleurs.

Le repérage est assez délicat; il est cependant facilité par les aspects changeants de l'image, où l'on voit se succéder de très curieux effets de coloration. Au moment où les deux plaques sont mises en contact, gélatine contre gélatine, on remarque un quadrillage coloré, généralement beaucoup plus gros que celui du réseau. En faisant tourner lentement l'une des surfaces sur l'autre, les carrés de couleurs deviennent ou plus grands ou plus petits. Contrairement à ce que l'on pourrait supposer, il faut tourner dans le sens où les carrés grandissent. Un moment vient où ils disparaissent et sont remplacés par des moires, qui s'évanouissent à leur tour. Le quadrillage du diapositif et celui de l'écran se trouvent alors exactement parallèles, et il suffit d'un déplacement de quelques centièmes de millimètre dans le sens convenable pour substituer les couleurs exactes aux couleurs fantaisistes qui apparaissent. Le sens dans lequel doit s'effectuer le déplacement est recherché en inclinant les deux plaques, toujours maintenues au contact, dans diverses directions, jusqu'à ce que les couleurs se montrent exactes et vigoureuses. Pour arriver à la position normale, on fait glisser très doucement la plaque supérieure dans la direction qui, lors de la vision correcte, était la plus éloignée des yeux. Quand l'image apparaît avec ses couleurs véritables sous l'incidence normale, on maintient les deux plaques, d'abord provisoirement en les serrant dans deux pinces à ressorts, puis on procède au montage définitif en collant autour des bords une bande de papier noir.

Ce procédé est évidemment trop long et trop compliqué, lorsqu'il s'agit d'obtenir seulement un ou deux diapositifs en couleurs : dans ce cas, les plaques autochromes donnent le même résultat beaucoup plus simplement. Mais il n'en est plus de même quand il est nécessaire de reproduire le même sujet à plusieurs exemplaires. La méthode Paget offre alors plusieurs avantages. D'abord, un seul réseau suffit pour tous les négatifs, et les plaques sensibles utilisées à cet effet sont beaucoup moins coûteuses que les plaques à filtre coloré solidaire de l'émulsion. Chaque cliché noir permet ensuite de tirer autant de diapositifs qu'il en faut. Si, parmi ces images, il en est qui soient mal venues, par suite d'un vice de fabrication ou d'une erreur de manipulation, la perte qui en résulte est bien minime. Les écrans de vision sont relativement chers, mais on ne les applique que sur les diapositifs sans défaut : aucun n'est gaspillé.

Applications des plaques à filtres colorés. — La trichromie par éléments lecteurs juxtaposés, telle, du moins, qu'on la connaît et qu'on l'emploie actuellement, ne fournit pas des images visibles par réflexion et susceptibles d'être montées sur les feuillets d'un album ou encadrées et pendues aux murs : elle ne donne que des diapositifs[1]. En effet, les blancs y sont représentés par la visibilité simultanée de particules violettes, vertes et orangées : cet ensemble, examiné par transparence, procure bien l'impression du blanc, mais il n'en est plus de même si l'on examine par lumière réfléchie la plaque posée sur une feuille de carton blanc. La résul-

1. Cependant, le procédé Paget Color se prête, dans une certaine mesure, à l'examen par lumière réfléchie. A cet effet, l'épreuve positive est tirée sur un papier sensible à sous-couche argentée, que l'on applique, encore humide, contre un écran de vision spécial, à couche détachable et beaucoup plus transparent que ceux destinés aux diapositifs. Le repérage s'effectue de la même manière qu'avec les diapositifs, et, lorsqu'il est bien réglé, on abandonne le papier à la dessiccation. Une fois sec, il suffit de soulever l'un des coins avec la pointe d'un canif et d'exercer une traction légère : le papier entraîne avec lui l'écran de vision, qui se détache du verre et demeure adhérent à l'image.

Cette image n'est pas également brillante sous toutes les incidences; mais, lorsqu'elle est éclairée de façon à se montrer sous l'angle de la réflexion régulière, elle est réellement très belle : les couleurs en sont franches et vives; l'éclat en est même surprenant, si l'on tient compte de l'interposition du filtre pelliculaire trichrome qui recouvre le positif noir et absorbe au moins un tiers de la lumière incidente.

tante des trois pigments vus dans ces conditions est gris foncé, ce qui est insuffisant pour constituer une image vigoureuse, puisque la gamme des valeurs est comprise dans les limites trop étroites qui vont de cette teinte déjà sombre au noir pur.

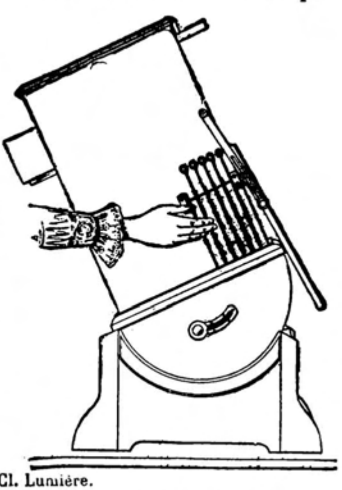
L'absorption de lumière qu'occasionne l'interposition du filtre sélecteur restreint même l'utilisation des plaques autochromes et similaires sous forme de diapositifs. C'est ainsi que ces plaques s'appliquent mal à la décoration des vitraux, malgré la beauté de leur coloris, à cause de l'assombrissement qui en résulte dans l'appartement où la lumière n'arrive qu'à travers ces images. En effet, dans un vitrail ordinaire ou même dans un diapositif trichrome obtenu par la superposition de trois pellicules colorées, les blancs, les grandes lumières du sujet, sont représentés par du verre incolore et parfaitement transparent. Un jaune éclatant s'y trouve figuré par un verre ou une couche de gélatine jaune pur, et il en est de même pour toutes les couleurs vives. Au contraire, sur un diapositif à éléments juxtaposés, la sensation du blanc nous est procurée par la lumière qui a traversé des particules colorées. Chacune de ces particules absorbe une notable partie des radiations qui la traversent : deux tiers au moins sont absorbés par la sélection du coloris, et, de plus, les éléments du filtre ne sont pas eux-mêmes parfaitement diaphanes. Ainsi, dans une plaque autochrome, il y a lieu de tenir compte de l'absorption occasionnée par l'interposition de la fécule et par les interstices, si étroits soient-ils, formés de poudre noire et opaque. S'agit-il d'une couleur unique, par exemple celle d'un bouquet de violettes, elle résultera, sur la plaque autochrome, de l'opacité complète des éléments orangés et verts et de la transparence relative des éléments violets, qui absorbent plus des deux tiers des radiations qui les traversent. On voit donc qu'une plaque de ce genre laissera passer tout au plus un tiers de la lumière qu'aurait transmise un vitrail exécuté dans d'autres conditions. L'effet artistique n'en est pas amoindri, si l'on a soin d'entourer le diapositif d'une large bordure opaque ou sombre, mais on conçoit l'inconvénient résultant d'écrans si peu transparents interposés devant une fenêtre.

Le plus souvent, les plaques à filtres colorés sont examinées une à une, et dans des conditions spécialement déterminées pour en

faire valoir tous les avantages. On ne juge bien de ces plaques que lorsqu'elles sont vivement éclairées, présentées isolément, entourées d'une large marge, noire ou très foncée, de telle sorte que l'observateur ne reçoive presque point d'autre lumière que celle qui traverse le diapositif.

Ces conditions d'examen sont suffisamment réalisées par le stéréoscope. Les photographies en couleurs gagnent beaucoup d'éclat à la vision binoculaire et offrent des reproductions saisissantes de vérité, car, avec le relief et le coloris, c'est la nature même que l'on a sous les yeux.

Les images simples sont également bien mises en valeur par des appareils monoculaires disposés à peu près de la même manière que les stéréoscopes américains. Tel est, par exemple, le *chromodiascope* Lumière (fig. 133). C'est une caisse dont l'avant, divisé en deux compartiments par une cloison, est percé d'une ouverture sur laquelle est vissé un système de lentilles achromatiques. A l'arrière, des rainures verticales reçoivent les cadres contenant les diapositifs. Au repos, ces cadres se trouvent dans le compartiment inférieur. Pour examiner une plaque, on n'a qu'à appuyer sur un levier extérieur qui la soulève et l'amène en face de l'oculaire. L'image est éclairée par derrière, à l'aide d'un miroir dont on règle l'inclinaison suivant la direction de la lumière. Un écran opaque supprime tout éclairage, quand les cadres sont tous abaissés ; il remonte lorsqu'on soulève un des cadres : on évite ainsi l'accès de la lumière directe entre les observations des diverses plaques, et l'œil n'est pas ébloui par un éclairage plus intense que celui que transmettent les diapositifs colorés.

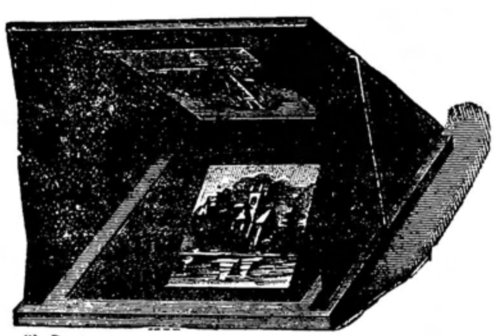


Cl. Lumière.

Fig. 133. — Chromodiascope.

Un autre mode d'examen assez avantageux et extrêmement simple est celui où l'image apparaît par réflexion dans une glace.

La plaque est placée dans un cadre incliné sur un miroir, comme le montre la fig. 134, et le diapositif se montre seul éclairé dans un milieu obscur qui en avive l'éclat, par un effet de contraste.



Cl. Pouleuc.

Fig. 134. — Pupitre à miroir, pour l'examen des diapositifs en couleurs.

Mais le meilleur moyen de mettre en valeur une autochrome ou toute autre plaque de même nature est d'en projeter sur un écran blanc l'image amplifiée. L'assombrissement par absorption, résultant de l'interposition du filtre coloré, subsiste évidemment quel que soit le mode d'examen des diapositifs, mais, en réalité, il est très facile d'y remédier quand l'image est placée au foyer d'une lanterne de projection. En effet, le diapositif projeté aura le même éclat qu'une image trois fois plus transparente, si l'on triple la puissance lumineuse du projecteur. Et d'ailleurs, dans le cas actuel, il n'est même pas nécessaire de recourir à cet artifice pour réaliser un effet suffisamment brillant. L'éclairage normal des lanternes de projection suffit presque toujours, d'abord parce que l'œil s'adapte avec une surprenante souplesse aux changements d'intensité lumineuse, ensuite et surtout parce que l'atténuation de luminosité qu'occasionne le réseau sélecteur est amplement compensée par l'éclat du coloris et le charme irrésistible qui se dégage des tableaux ainsi présentés. Néanmoins, si un projecteur de puissance moyenne est généralement suffisant, il est certain qu'un foyer plus éclatant donnera de meilleurs résultats, à la condition que la lumière en soit parfaitement blanche. La plupart des sources de lumière artificielle dénaturent les couleurs : le pétrole, notamment, fournit un éclairage trop jaune, qui assombrit les violets et les bleus. Avec l'acétylène et le chalumeau oxhydrique, ces altérations sont plus atténuées, mais rien ne vaut l'arc électrique, qui

joint à une blancheur parfaite un éclat éblouissant, avec lequel aucun autre luminaire artificiel ne saurait rivaliser.

Les diapositifs en couleurs servent aussi de clichés pour les tirages photomécaniques. La similigravure trichrome exige toujours, il est vrai, la préparation de trois planches exécutées chacune d'après un cliché sélectionné. Quand il s'agit de reproduire un tableau ou tout autre sujet complètement immobile, les plaques autochromes n'offrent donc aucune utilité, puisqu'il n'en faut pas moins exécuter trois clichés analytiques. Mais, chaque fois que l'on a une scène animée à reproduire, l'emploi de l'autochrome est tout indiqué, pour obtenir d'abord rapidement une image fidèle du modèle, que l'on reproduira ensuite tout à loisir, dans l'atelier, à l'aide des procédés habituels. La plaque autochrome est, en effet, susceptible d'être photographiée, comme tout autre sujet, lorsqu'on l'éclaire, par transparence, d'une lumière bien diffusée au moyen d'un verre dépoli. Il est dès lors facile d'exécuter trois négatifs sélectionnés par interposition d'écrans respectivement violet, vert et orangé, pour réaliser les trois phototypes nécessaires à la préparation des trois planches.

Enfin, les plaques autochromes et similaires constituent d'excellents clichés pour tirer des épreuves sur papier par les procédés qui vont être décrits dans le chapitre suivant, notamment le procédé par décoloration.

OUVRAGES A CONSULTER

E. Coustet, *la Photographie des couleurs,* Paris (Larousse), 1907.

E. Coustet, *la Photographie en couleurs sur plaques à filtres colorés,* Paris (B. Tignol), 1908.

V. Crémier, *la Photographie des couleurs par les plaques autochromes,* Paris (Gauthier-Villars), 1911.

A.-P. von Hübl, *Die Theorie und Praxis der Farbenphotographie mit Autochromplatten,* Halle a/S. (W. Knapp).

E. Wallon, *la Photographie des couleurs et les Plaques autochromes,* Paris (Gauthier-Villars), 1907.

A. Scheffer, *Manuel pratique de photographie des couleurs par les plaques autochromes,* Paris (Ch. Mendel).

Dr Mebes, *Farbenphotographie mit Farbenrasterplatten,* Bunzlau i/Schl. (L. Fernbach), 1911.

CHAPITRE XIX

LES PROCÉDÉS PAR ADAPTATION

Coloration du chlorure d'argent. — Avant la découverte de la photographie, en 1810, Seebeck avait remarqué que le chlorure d'argent noirci devient brun dans le violet du spectre solaire, bleuâtre dans le bleu, rouge dans le rouge, et ne subit aucune altération dans le jaune. En 1840, John Herschel, reprenant l'expérience de Seebeck, vérifiait qu'un papier recouvert de chlorure d'argent et noirci à la lumière prenait ensuite, sous l'influence de radiations diversement colorées, des teintes variées, mais sans éclat. Hunt, en 1845, faisait des constatations analogues. Edmond Becquerel, en 1847, obtenait les premières épreuves en couleurs sur plaques métalliques. Une lame de cuivre argenté est plongée dans une solution d'acide chlorhydrique à 125 p. 1.000. On fait communiquer la plaque avec le pôle positif d'une pile formée de deux petits éléments Bunsen, et le liquide avec le pôle négatif au moyen d'une lame de platine parallèle à la plaque argentée. Sous l'action de l'électrolyse, la plaque se recouvre d'une couche rose de sous-chlorure d'argent, puis prend une teinte violet rose. On la recuit ensuite dans l'obscurité, à une température de 80° à 100°, jusqu'à ce qu'elle prenne une couleur de bois. Après refroidissement, on l'expose aux rayons du spectre solaire, et les teintes correspondantes s'y reproduisent après une impression assez longue (environ deux heures). Les couleurs ainsi obtenues ne sont pas fixées et s'effacent, sous l'influence de la lumière. Becquerel réussit également à reproduire quelques gravures coloriées, mais sans parvenir à rendre ces épreuves inaltérables au jour. Il convient d'ajouter que quelques-unes de ces œuvres, exécutées vers 1850 et soigneusement conservées dans l'obscurité, existent encore actuellement.

Niepce de Saint-Victor, le cousin du collaborateur de Daguerre, perfectionna le procédé de Becquerel et obtint de très belles reproductions, malheureusement trop instables.

En 1864, Poitevin exécutait des épreuves en couleurs sur papier. Une feuille recouverte de chlorure d'argent violet était plongée dans :

Solution de bichromate de potasse à saturation	1 volume.
Solution de sulfate de cuivre à saturation	1 —
Solution de chlorure de potassium à 5 p. 100..........	1 —

Après dessiccation, le papier était exposé sous l'image à reproduire. Au soleil, l'impression n'exigeait que 10 ou 15 minutes. L'épreuve colorée était ensuite lavée à l'acide chromique, puis au bichlorure de mercure, au nitrate de plomb, et enfin à l'eau pure. Ce traitement n'en fixait que très imparfaitement le coloris, et l'épreuve ne se conservait que dans l'obscurité.

En 1873, M. de Saint-Florent obtenait également des images colorées sur papier au chlorure d'argent et en réalisait le fixage *partiel* en plongeant l'épreuve dans un mélange d'alcool et d'ammoniaque, puis dans une solution saturée d'un chlorure alcalin.

M. R. Colson, en 1895, utilisait les papiers au chlorure d'argent que l'on trouve dans le commerce, et notamment les papiers au collodion. On fait d'abord brunir au soleil la couche sensible, jusqu'à ce qu'elle présente la teinte chocolat, puis on l'expose de nouveau à la lumière, mais cette fois dans le châssis-presse, sous le cliché coloré à copier. La pose ne dépasse pas trois quarts d'heure en plein soleil. L'épreuve est ensuite lavée, passée dans une dissolution faible de chlorure de sodium, qui transforme en chlorure d'argent l'excès d'azotate d'argent retenu dans la couche, soumise à un nouveau lavage et séchée. M. Colson a réussi à fixer, au moins temporairement, ses épreuves en les mettant en contact, pendant deux jours, avec une substance capable de leur fournir de l'oxygène, par exemple avec une feuille de papier imprégnée d'encre ordinaire. Cette substance, après s'être oxydée à l'air, cède facilement son oxygène et contre-balance ainsi l'action réductrice de la lumière.

Ces procédés n'ont qu'un intérêt théorique : en réalité, ils ne donnent que des reproductions très imparfaites. On aperçoit seu-

lement des traces de couleurs sur le fond sombre de la couche; les blancs du diapositif viennent en noir; cependant on peut les transformer en blancs (très relatifs) en exposant l'image au soleil. De Saint-Florent est parvenu à aviver les couleurs, en procédant de la façon suivante.

Un papier à la celloïdine est d'abord exposé à la lumière jusqu'à ce qu'il ait pris une nuance violet clair. On le recouvre alors d'une couche de gomme arabique assez épaisse et on laisse sécher dans l'obscurité. On expose ensuite à la lumière, sous l'image transparente en couleur servant de phototype. L'impression exige 3 ou 4 heures au soleil. On obtient ainsi une image à couleurs très vives, que l'on expose pendant quelques instants à la lumière, à sa sortie du châssis-presse, afin de faire venir les noirs. On fixe dans un bain contenant 30 cc. d'ammoniaque pour 1 litre d'eau; on ravive les couleurs en exposant de nouveau à la lumière ou en présentant l'épreuve devant un feu un peu vif. On peut encore passer un fer chaud à la surface de l'image, en interposant une feuille de papier buvard. L'épreuve est alors fixée[1].

Adaptation par décoloration. — En 1881, Charles Cros proposait de recouvrir une feuille de papier de trois couches sensibles superposées, l'une de collodion coloré en rouge par la carthamine, la seconde de gélatine colorée en bleu par la phyllocyanine, et la troisième de collodion coloré en jaune par le curcuma. Cette préparation était fort peu sensible, et le défaut de fixage enlevait toute utilité pratique à cette combinaison, mais les résultats obtenus n'en vérifiaient pas moins la théorie sur laquelle était fondé ce premier essai, c'est-à-dire la sélection opérée par la lumière dans un ensemble de colorants facilement altérables.

Le résultat de cette sélection est une épreuve positive directe, dont les couleurs sont celles mêmes de l'original. En effet, la lumière bleue, par exemple, traverse sans absorption les molécules bleues, puisqu'un colorant bleu est une substance qui laisse passer les radiations bleues sans les arrêter. Il est donc naturel que la lumière bleue n'exerce aucune action sur un corps de cette nature. Mais ces mêmes radiations bleues ne traversent ni les molécules jaunes ni

1. *Bulletin de la Société française de photographie*, 1904, p. 352.

les molécules rouges : elles y sont absorbées, et, quoique nous ignorions le mécanisme intime de la transformation d'énergie qui s'y produit, nous comprenons que les ondes lumineuses ainsi arrêtées déterminent une certaine réaction, qui, dans l'espèce, est une altération ou même la destruction de la couleur.

Un raisonnement semblable explique comment la lumière jaune tend à décolorer les particules bleues et rouges, tandis qu'elle laisse intact l'élément jaune. Pareillement, la lumière rouge décolore le bleu et le jaune, sans altérer le rouge. Enfin, la lumière blanche, agissant sur toutes les molécules, les décolore toutes et restitue au papier sa blancheur primitive, tandis que les parties noires, opaques, du cliché, préservant toutes les couleurs de l'action lumineuse, laissent subsister, inattaqué, le mélange des trois couleurs, qui est noir. Il va sans dire que si le traitement de l'épreuve s'arrête là, la lumière détruira d'elle-même son œuvre éphémère, en effaçant toutes les couleurs. On peut évidemment retarder cette altération, en choisissant des colorants moins instables; mais alors la durée du tirage augmente dans des proportions pratiquement inadmissibles.

Ainsi, en 1895, M. Vallot opérait en mélangeant trois solutions colorées :

A.	Alcool	50 cc.
	Bleu Victoria	0 gr. 2
B.	Alcool	50 cc.
	Curcuma	10 gr.
C.	Alcool	50 cc.
	Pourpre d'aniline	0 gr. 2

Une feuille de papier imprégnée de ce mélange était, après dessiccation, exposée à la lumière, sous un vitrail peint. L'impression exigeait plusieurs jours. A sa sortie du châssis-presse, l'épreuve se trouvait terminée, sans autre précaution, en sorte qu'il fallait la conserver dans l'obscurité. De plus, les trois couleurs employées ne possédaient pas la même sensibilité; le curcuma était décoloré beaucoup plus rapidement que le bleu Victoria et que le pourpre d'aniline, et le coloris en était naturellement faussé.

La même année, M. Otto Wiener[1] suggérait l'emploi de colorants

1. *Farbenphotographie durch Korperfarben und mechanische Farbenanpassung in der Natur* (*Wiedemann's Annalen*, 1895, p. 225.

stables dans les conditions habituelles, auxquels on ajouterait, avant la pose, des substances accélératrices et, après la pose, d'autres substances protégeant les éléments colorés contre l'action ultérieure de la lumière. Le physicien allemand n'indiquait pas quelles devaient être ces substances, mais les recherches entreprises dans la voie signalée ne tardaient pas à fournir quelques résultats appréciables.

Le Dr Neuhauss découvrait, en effet, dès 1901, les propriétés accélératrices de l'eau oxygénée. Ce composé, ajouté à un mélange de gélatine, de bleu méthylène, d'auramine et d'érythrosine, lui permit d'obtenir des épreuves colorées en 5 minutes, à un soleil intense[1]. Après l'impression, les images étaient fixées par des immersions successives dans des solutions de tanin, d'acétate de soude, d'émétique et d'acétate de plomb. L'emploi de l'eau oxygénée n'est pas sans inconvénient : l'opérateur est obligé de sensibiliser l'épreuve au moment même du tirage et de l'impressionner à l'état humide sous le cliché, qui doit être très soigneusement verni. En outre, si l'opacité du phototype prolonge le tirage, le sensibilisateur, très volatil, est décomposé ou évaporé avant que l'image soit achevée, et il est dès lors impossible d'avoir un coloris vigoureux et des blancs purs.

Peu après, M. Karl Worel remarquait que certaines huiles essentielles ont la propriété d'accroître considérablement la sensibilité à la lumière des matières colorantes organiques. La volatilité de ces huiles et aussi leur solubilité au sein de liquides dans lesquels les couleurs restent insolubles donnent le moyen de faire disparaître cette sensibilité et d'obtenir des images relativement stables. Le meilleur accélérateur indiqué par M. Worel est l'anéthol[2]. Le mode opératoire est très simple. Du papier exempt de fibre de bois est plongé dans un mélange de primerose, de bleu Victoria, de cyanine, de curcuma et d'auramine en solutions alcooliques additionnées d'anéthol. Le papier, séché dans l'obscurité, est impressionné au châssis-presse, sous un diapositif en couleurs. Au soleil, la durée du tirage peut être réduite à 5 minutes. Quand l'image est complète, avec toutes ses couleurs, on plonge le papier dans de la

1. *Allgemeine Photographen Zeitung*, 22 janvier 1902.
2. *Photographisches Correspondenz*, juin 1902.

benzine pure, où on le laisse pendant une heure, au moins, à l'abri de la lumière. Le fixage est ensuite complété par une immersion de deux à trois heures dans une solution saturée de sulfate de cuivre. Ce dernier sel une fois éliminé par lavages, l'épreuve est terminée. Les nuances sont ainsi distinctement rendues, mais les couleurs employées sont trop fugaces pour qu'il soit possible de considérer l'image comme suffisamment stable.

En 1906, M. J.-H. Smith fabriquait, à Zurich, un papier recouvert d'une couche gélatineuse imprégnée de trois couleurs et d'anéthol. Cette préparation, mise dans le commerce sous le nom de *Papier Uto,* avait donné des résultats peu satisfaisants, et la fabrication en avait été bientôt interrompue. M. Smith, cependant, poursuivait ses recherches et découvrait les propriétés accélératrices de la thiosinnamine, propriétés qui se trouvent notablement accrues en présence de la glycérine. En 1911, il fabriquait en France, à la Garenne-Colombes, un nouveau papier, l'*Utocolor,* plus sensible que le précédent. Néanmoins, l'impression exigeait encore 2 ou 3 heures d'exposition au soleil, sous une autochrome de transparence moyenne. Le fixage s'effectuait par immersion dans une solution alcoolique de tanin, puis dans un autre bain vendu tout préparé et dont la composition exacte n'était pas indiquée par les fabricants, mais qui contenait, entre autres, des sels de plomb et de cuivre.

Outre la lenteur du tirage, on reprochait au papier Utocolor de ne pas reproduire avec tout leur éclat les couleurs du cliché. La pureté des blancs laissait aussi à désirer. Enfin, le fixage était incomplet, et les épreuves pâlissaient assez rapidement, lorsqu'elles restaient exposées à la lumière. Néanmoins, si imparfait qu'il fût encore, ce papier fournissait des résultats intéressants, et il est regrettable que la fabrication en ait été abandonnée.

Les accélérateurs essayés jusqu'ici étant encore insuffisants, on a cherché à développer les images, après une courte exposition à la lumière, comme on le fait dans les procédés aux sels d'argent. Le réactif qui a fourni les meilleurs résultats est le permanganate de potasse en solution faible. La coloration brune que ce composé laisse sur le papier est facilement détruite par l'hydrosulfite de soude. Ce mode de développement, toutefois, n'est efficace que si

l'impression a atteint un certain degré (la moitié environ de l'exposition complète) et ne s'applique qu'à un petit nombre de colorants. Cette méthode n'est pas encore au point.

OUVRAGES A CONSULTER

H. Calmels et L.-P. Clerc, *la Reproduction photographique des couleurs,* Paris (H. Calmels), 1907.

E. Coustet, *la Photographie des couleurs,* Paris (Larousse), 1907.

F. Drouin, *la Photographie des couleurs,* Paris (Ch. Mendel), 1896.

Dumoulin, *les Couleurs reproduites en Photographie,* 2e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1894.

E. Konig et E.-J. Wall, *Natural Colour photography.* Londres (Dawbarn et Ward), 1906.

Comte E. Ogonowski, *la Photochromie,* Paris (Gauthier-Villars), 1861.

M. de Valicourt, *la Photographie sur métal, sur papier et sur verre,* tome Ier, Paris (Encyclopédie Roret), 1851.

CHAPITRE XX

LA MÉTHODE INTERFÉRENTIELLE

Historique. — La plupart des daguerréotypes bien conservés présentent des nuances très délicates, surtout dans les carnations. En faisant jouer la lumière sous diverses incidences, on distingue, dans les étoffes, d'exquises teintes bleu pâle, mauve, crème, etc., dont la stabilité n'est plus contestable. A vrai dire, le coloris de ces images n'est pas toujours exact, et certains tons font généralement défaut, mais il convient de remarquer que l'orthochromatisme n'a jamais été appliqué au daguerréotype.

Les couleurs qui prennent ainsi naissance sur la surface miroitante avaient été attribuées, depuis longtemps, à une production de lames minces, comme celles qui déterminent les irisations de la nacre et des bulles de savon, sans que la théorie, toutefois, en eût été nettement élucidée :

« M. Ross, lisons-nous dans la *Lumière* du 10 mars 1855, pensait qu'il se produisait dans les images photochromatiques des teintes dues aux lames minces telles que les montrent les bulles de savon, les anneaux colorés, etc., et que les couleurs sont dues à une épaisseur variable d'un composé qui se produirait sous l'action de la lumière. »

L'année suivante, une communication de M. Carrère, publiée dans le même journal, mérite d'être citée textuellement :

« Si les différents points de la lame sont frappés par des rayons simples différents, l'oxydation variera d'un point à un autre de la lame, par conséquent l'épaisseur de la lame variera aussi, et il pourra se faire que les couleurs produites par la lame mince en ses différents points soient identiques à celles des rayons qui l'ont frappée en ces points. On pourra donc obtenir la *photochromie*,

c'est-à-dire la formation par la lumière des images des objets avec leurs couleurs[1]. »

En 1868, Becquerel, cherchant à expliquer la formation des couleurs dans son procédé par adaptation (V. p. 398), écrivait : « Un faisceau de lumière diffuse qui vient frapper une image colorée produite par la lumière renfermant une masse de vibrations différentes, chaque partie de l'image vibrerait de préférence sous l'action des rayons de même longueur d'onde que ceux qui ont agi pour la produire, et alors les rayons réfléchis par les divers points de cette image se trouveraient identiques à ceux qui lui ont donné naissance. »

Vers la même époque, Zenker donnait une théorie plus précise du phénomène, en supposant l'existence de lames minces de chlorure d'argent, produites dans l'épaisseur de la couche par les *ondes stationnaires* (on verra plus loin ce qu'il faut entendre par là) déterminées par la réflexion à la surface du métal. Enfin, M. N. Rood, faisant allusion aux essais de Niepce de Saint-Victor, écrivait, en 1881 : « L'étude des détails des Mémoires relatifs à ces expériences indique que les couleurs ainsi obtenues sont dues à une réduction plus ou moins considérable de la pellicule de chlorure d'argent, et ne sont, en réalité, produites que par l'interférence de la lumière[2]. »

La méthode interférentielle avait donc été pressentie avant la découverte de M. Lippmann, mais personne avant lui n'en avait donné la théorie exacte et précisé les conditions de réalisation. M. Lippmann a été le premier à obtenir des reproductions photographiques en couleurs, parfaites de vérité et d'éclat, et d'une stabilité comparable à celle des images ordinaires aux sels d'argent. Le procédé qu'il a imaginé est, au fond, très simple et peut être résumé en peu de mots. Une couche transparente et très fine de gélatinobromure mise en contact avec une surface réfléchissante s'impressionne dans la chambre noire de telle sorte qu'après développement et fixage, elle reconstitue, non plus seulement les contours du modèle, mais aussi la variété infinie de ses couleurs. Pour comprendre comment une disposition si simple est susceptible de

1. *La Lumière*, 1856, p. 90.
2. N. Rood, *Théorie scientifique des couleurs.*

produire un résultat si complexe, il est indispensable de connaître quelques principes élémentaires d'optique physique.

Principe de la méthode interférentielle. — La lumière est un mouvement vibratoire, une succession très rapide d'ondulations propagées à travers l'*éther*[1]. Pour concevoir ce mode de propagation, il suffit de se rappeler certains faits bien connus. Ainsi, quand on lance une pierre dans l'eau, on voit aussitôt se former une série de vagues qui, partant du point où la surface liquide a été ébranlée, se transmettent tout autour, en cercles qui vont s'élargissant à mesure qu'elles s'éloignent de leur centre. L'eau est ainsi le siège d'un mouvement ondulatoire qui se propage avec une vitesse uniforme. De même, les sons qui frappent notre oreille consistent en des déplacements alternatifs de l'air. Ces déplacements se transmettent, de proche en proche, en ondulations dispersées à l'entour du corps sonore. La vitesse de ce mouvement vibratoire est d'environ 340 mètres par seconde. Suivant que les vibrations se succèdent avec plus ou moins de fréquence, l'oreille perçoit un son plus ou moins aigu : le *la* normal du diapason correspond à 870 vibrations simples par seconde, tandis que la même note de l'octave suivante correspond à 1.740 vibrations dans le même laps de temps. Dans un cas comme dans l'autre, la vitesse de propagation est la même : les notes les plus graves ne se transmettent ni plus rapidement ni plus lentement que les notes les plus aiguës. De même, l'éther, ce fluide insaisissable dont les physiciens sont obligés d'admettre l'existence dans l'univers entier, est susceptible d'entrer aussi en vibration. Suivant sa fréquence, le mouvement ondulatoire se manifeste en des formes très différentes de l'énergie. Les vibrations les plus lentes, celles qui correspondent aux notes les plus graves de la gamme éthérée, sont invisibles et ne se manifestent à nous que sous forme de chaleur ou d'électricité. Plus rapides, elles se révèlent à nos yeux : ce sont les ondes lumineuses. A mesure que

1. Substance extrêmement subtile, invisible, impondérable, presque immatérielle, mais éminemment élastique, que les physiciens supposent répandue dans l'univers entier. Ce fluide pénètre la masse de tous les corps; il remplit même les espaces célestes, et ses vibrations produisent la lumière, la chaleur, les radiations électriques, etc., suivant leur fréquence. L'existence de l'éther n'est qu'hypothétique, mais elle explique un grand nombre de phénomènes qui, sans elle, demeureraient inexplicables.

leur fréquence s'accroît, notre nerf optique nous fait apercevoir d'abord le rouge, puis l'orangé, puis successivement le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet. Parvenue à ce degré, si la fréquence continue à augmenter, nous cessons de voir vibrer l'éther, mais la plaque photographique est encore impressionnée par les rayons ultra-violets.

Ces vibrations éthérées, quelle que soit leur fréquence, parcourent l'espace avec une rapidité égale. Toutes sont animées de la formidable vitesse de 300.000 kilomètres par seconde. Quand leur fréquence s'accroît, les vagues sont plus courtes et plus rapprochées les unes des autres, mais elles courent toujours avec la même rapidité. Ainsi, la *longueur d'onde*, c'est-à-dire la distance qui sépare deux vagues consécutives de l'éther, est d'autant moindre que ces vagues se succèdent en plus grand nombre, dans un laps de temps déterminé, comme le montre le tableau suivant :

COULEUR	NOMBRE DE VIBRATIONS PAR SECONDE	LONGUEUR D'ONDE EN MILLIONIÈMES DE MILLIMÈTRE
Rouge..................	497 trillions.	620
Orangé..................	528 —	583
Jaune..................	529 —	551
Vert..................	601 —	512
Bleu..................	648 —	475
Indigo..................	686 —	449
Violet..................	728 —	423

Lorsqu'un rayon de lumière vient rencontrer un miroir, il se réfléchit, c'est-à-dire rebondit comme la bille qui a heurté la bande du billard et suivant la même loi : l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence. En particulier, quand le faisceau lumineux frappe le miroir perpendiculairement à sa surface, il revient normalement sur lui-même et reprend, en sens inverse, le chemin qu'il suivait auparavant. Il en résulte que l'espace situé en avant du miroir est le siège de deux sortes d'ondulations : celles qui vont vers le miroir et celles qui en reviennent. Entre ces deux groupes de mouvements vibratoires, il y a conflit ou, pour employer l'expres-

sion des physiciens, *interférence.* Là où l'onde réfléchie tend à déplacer l'éther dans le même sens que l'onde incidente, les deux mouvements s'ajoutent, et la lumière est doublée; là, au contraire, où les deux forces s'exercent dans des directions opposées, elles se détruisent l'une l'autre et aboutissent à cet étrange résultat que la lumière ajoutée à la lumière produit l'obscurité.

Or, comme la vitesse de propagation des ondes lumineuses reste constante, les interférences ne se déplacent pas, et l'on réalise de la sorte des *ondes stationnaires.* Dès lors, devant le miroir se succèdent des plans parallèles, alternativement lumineux et obscurs, que nous appellerons des *maxima* et des *minima*. Entre deux maxima, comme entre deux minima, la distance sera égale à la longueur d'onde de la couleur du rayon lumineux : 475 millioniêmes de millimètre si la lumière est bleue, 551 si elle est jaune, etc. Entre un maximum et un minimum, la distance sera naturellement d'une demi-longueur d'onde, soit 310 millioniêmes de millimètre si la lumière est rouge, 256 si elle est verte, et ainsi de suite.

Il est maintenant facile de prévoir ce qui se produira si une couche transparente de gélatinobromure d'argent se trouve en contact avec la surface réfléchissante. Les maxima impressionneront le sel d'argent, tandis que les minima le laisseront inattaqué. Après développement et fixage, la gélatine contiendra un certain nombre de lames d'argent extrêmement minces séparées par des intervalles de même épaisseur. Suivant l'ingénieuse comparaison de M. Lippmann, nous n'aurons plus une *pâte grenue,* comme dans la photographie ordinaire, mais bien une *pâte feuilletée.* Il nous reste à expliquer comment ce feuilletage, quoique formé de substances incolores, va reconstituer la couleur même qui lui a donné naissance.

Tout le monde a vu les brillantes irisations des bulles de savon. Les nuances du spectre s'y succèdent très rapidement à mesure que les parois s'amincissent. La cause de ces colorations est un phénomène d'interférence. Les deux faces de la paroi transparente réfléchissent la lumière blanche qui les éclaire, mais le rayon réfléchi par la seconde face a parcouru un chemin plus long que celui qui s'est réfléchi sur la première. Suivant l'épaisseur de la lame, la différence de marche sera telle que certaines couleurs s'éteindront

par interférence, tandis que celle dont la longueur d'onde coïncide avec cette différence de marche sera vivement réfléchie et exercera sur notre organe visuel une impression prépondérante.

Tels sont les principes qui ont conduit M. Gabriel Lippmann à la mémorable découverte par lui annoncée à l'Académie des sciences, le 2 février 1891. Une couche transparente de gélatine, de collodion ou d'albumine sensibilisée à l'iodure ou au bromure d'argent et mise en contact avec une surface réfléchissante, qu'il est commode de constituer par une couche de mercure, suffit pour produire une image stratifiée en lames minces entre lesquelles peuvent seuls se réfléchir les rayons de même longueur d'onde que ceux qu'a transmis l'objectif.

Préparation des plaques. — Les émulsions ordinaires ne conviennent pas à la photographie interférentielle, d'abord parce qu'elles manquent de transparence et sont à peine translucides, comme le papier huilé, et aussi parce que la maturation y a aggloméré le bromure d'argent en grains de dimensions bien supérieures à celles des longueurs d'onde des radiations lumineuses. Le collodion et l'albumine fournissent des couches très fines et suffisamment diaphanes, mais dont la sensibilité laisse trop à désirer. M. Lippmann a obtenu une émulsion transparente et sans grain, en opérant de la façon suivante.

On fait d'abord gonfler, dans 100 cc. d'eau, 4 grammes de gélatine que l'on chauffe ensuite légèrement, jusqu'à complète dissolution. On ajoute $0^{gr},53$ de bromure de potassium, puis, pour rendre l'émulsion orthochromatique, 6 cc. d'une solution alcoolique de cyanine à 1 p. 500 et 3 cc. d'une solution alcoolique de rouge de quinoléine à 1 p. 500. On porte ensuite le tout, dans l'obscurité, à une température ne dépassant pas 40°, et l'on ajoute $0^{gr},75$ de nitrate d'argent sec en poudre. On fait dissoudre par agitation, et on filtre à la laine de verre. L'émulsion ainsi préparée est coulée sur des plaques de verre tièdes placées sur un support parfaitement horizontal. Quand la gélatine est figée, on plonge les plaques dans l'alcool, on les lave pendant une demi-heure et on laisse sécher. Ces plaques se conservent fort longtemps, à l'abri de la lumière et de l'humidité, mais elles sont très lentes.

La maison Richard Jahr, à Dresde, fabrique des plaques à émul-

sion sans grain, spécialement préparées suivant les données de M. H. Lehmann pour la photographie interférentielle. Ces plaques peuvent être manipulées en lumière rouge très claire. Comme elles sont très transparentes, on ne distingue pas, à première vue, le côté émulsionné de celui qui ne l'est pas. Pour savoir quel est le côté qu'il faut mettre en contact avec le mercure, on projette l'haleine contre la plaque tenue devant la lanterne à verre rouge : la face qui se couvre de buée est celle qui ne porte pas la couche sensible. En l'humectant légèrement et en la frottant avec un linge, on la débarrasse des taches qui pourraient s'y trouver et feraient ombre sur l'image. Quant au côté émulsionné, il faut éviter de le toucher. La plaque doit être exposée verre en avant et gélatine en arrière, en contact avec une couche de mercure. La méthode interférentielle exige l'emploi d'un châssis spécial, disposé de manière à recevoir une certaine quantité de mercure maintenu derrière la plaque formant paroi étanche.

Les constructeurs ont combiné divers modèles de châssis à mercure. La fig. 135 représente celui de M. Mackenstein. Ce châssis s'ouvre comme un livre, pour recevoir la plaque, et la maintient serrée, une fois fermé, contre un joint élastique. Le mercure, d'abord contenu dans une poire de caoutchouc, est introduit derrière la plaque au moyen d'un tuyau de caoutchouc pénétrant dans le châssis, et reversé après la pose dans la poire, où on le conserve jusqu'à l'opération suivante.


Fig. 135. — Châssis à mercure.

Il est indispensable d'employer du mercure chimiquement pur. Le mercure qui se recouvre d'une pellicule grise est absolument impropre à la photographie interférentielle. Le mercure pur doit, en outre, être filtré de temps en temps : à cet effet, il faut le comprimer dans un nouet de peau de chamois ou de mousseline pliée en quatre.

Exposition. — La reproduction exacte des couleurs exige presque toujours l'interposition d'un écran compensateur. M. Lippmann a exécuté ses premières photographies interférentielles en disposant devant l'objectif une cuve en verre à faces parallèles contenant

des solutions de bichromate de potasse ou d'hélianthine. Les plaques R. Jahr, de Dresde, sont rendues sensibles à toutes les couleurs visibles suivant une méthode spéciale[1] qui permet de les exposer sans écran, mais à la condition d'observer certaines précautions. Ainsi, il faut éviter les grands contrastes et ne pas photographier les sujets éclairés directement par le soleil. Si l'on aborde ces sujets, le temps d'exposition normal, qui seul permet de rendre correctement toutes les couleurs, reste compris dans des limites si étroites qu'il est très difficile de ne pas s'en écarter.

Ces inconvénients sont évités par l'interposition d'un écran correcteur spécial, fabriqué par C. Zeiss. Les couleurs sont alors exactement reproduites, même en cas de sous-exposition et de surexposition. La saturation des teintes diminue seulement avec le temps de pose.

En plein soleil, un paysage découvert exige une exposition comprise entre 1 et 2 minutes, lorsqu'on emploie l'écran correcteur avec un objectif ouvert à F : 4,5. Les meilleurs résultats sont obtenus avec un éclairage très vif et un objectif très rapide.

Développement. — La plaque impressionnée est retirée du châssis dans le laboratoire éclairé par une lanterne à verre rouge clair. Il faut d'abord débarrasser la couche sensible des gouttelettes de mercure qui y adhèrent encore. Généralement, il suffit d'y passer un blaireau très doux et de recueillir le mercure dans une coupelle. M. Neuhauss conseille de frotter la couche avec un tampon de peau très fine exclusivement réservé à cet usage. M. H. Lehmann y ajoute un peu de poudre à polir impalpable. La plaque est alors prête à l'immersion dans le révélateur.

Le développement s'effectue dans un bain très dilué. On prépare d'abord une solution de réserve :

Eau distillée	25 cc.
Sulfite de soude	5 gr.
Diamidophénol	0 gr. 5

Au moment de développer, on en prend seulement de 1 à 5 cc., que l'on dilue dans 100 cc. d'eau. Le développement ne dure que de 2 à 5 minutes : on l'arrête dès que le négatif paraît suffisamment

1. *Jahrbuch für Photographie,* 1908, p. 157.

détaillé par réflexion. Afin de juger exactement de son intensité, il est bon de se servir pour cette opération d'une cuvette en porcelaine blanche sur le fond de laquelle l'image se dessinera nettement. Comme l'émulsion est peu sensible, on peut, de temps en temps, l'éclairer au moyen d'une lampe ordinaire suffisamment éloignée.

La plaque développée est rincée rapidement et fixée dans une solution d'hyposulfite à 25 p. 100, où elle n'est laissée que pendant une minute et demie environ. Après un lavage de trois minutes, on passe au renforcement, presque toujours nécessaire pour accentuer les contrastes entre les maxima et les minima interférentiels. L'image est d'abord blanchie dans une solution de bichlorure de mercure à 1 p. 1.000, lavée et renoircie dans le révélateur au diamidophénol dilué comme précédemment.

Ce mode de traitement est celui qui permet les poses les plus courtes. Il convient à la reproduction des couleurs complexes et des sujets à contrastes, mais non à celle des spectres dont il est nécessaire de copier les nuances exactes. Le développement à l'acide pyrogallique exige une exposition plus longue et ne supporte pas les contrastes exagérés, mais il convient parfaitement aux photographies spectrales, parce qu'il ne nécessite point de fixage. La dissolution du bromure déplace, en effet, légèrement les couleurs vers le bleu : il faut donc supprimer le fixage, dans les reproductions du spectre, si l'on tient à avoir des tons absolument exacts.

Les solutions de réserve, pour ce mode de développement, sont :

A.	Eau distillée	100 cc.
	Métabisulfite de potasse	0 gr. 2
	Acide pyrogallique	1 gr.
B.	Eau distillée	150 cc.
	Bromure de potassium	15 gr.
	Ammoniaque (densité 0,91)	30 cc.

Pour développer, on ajoutera, à 100 cc. d'eau, 3 cc. de la solution A et 6 cc. de la solution B. Si l'on veut avoir des couleurs pures et très légères, on prendra un peu moins de la solution B, soit environ 4 cc. Une plus forte dose de cette solution donne des couleurs plus lumineuses, mais moins saturées. A la température

de 15° à 18°, le développement à l'acide pyrogallique et à l'ammoniaque ne doit durer que 1 minute ou 1 minute et demie. On lave ensuite la plaque pendant une minute, dans l'eau courante, et, si on le juge nécessaire, on la fixe pendant 1 minute au plus dans une solution à 20 p. 100 d'hyposulfite de soude. Après un lavage de trois minutes, on laisse sécher.

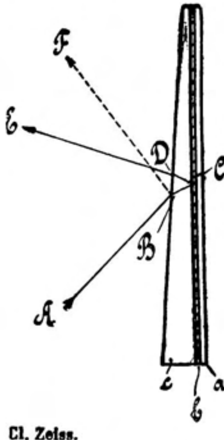
Certains opérateurs ne procèdent au fixage, s'il y a lieu, qu'après avoir laissé sécher la couche, de manière à pouvoir en examiner le coloris, qui demeure invisible tant qu'elle est mouillée. Les images qui ne présentent pas des couleurs très brillantes ne doivent pas être fixées, car le fixage atténue encore leur éclat. M. Lüppo-Cramer a vérifié que la suppression du fixage ne compromet en rien la stabilité de la reproduction. Une plaque interférentielle non fixée fut recouverte à moitié d'un papier noir et exposée pendant un certain temps aux rayons solaires. La moitié non abritée brunit sensiblement, mais cette modification arriva bientôt à un maximum qui n'altéra en rien le brillant de l'image examinée par réflexion, à tel point que la partie de la plaque exposée au soleil ne différait aucunement de la partie protégée par le papier opaque.

Examen et montage. — La gélatine imprégnée d'eau ne montre aucune trace de coloration : le gonflement de la couche agrandit, en effet, la distance qui sépare les maxima et les minima interférentiels, qui ne reprennent leur position normale qu'à la dessiccation. Si l'on examine attentivement la surface au moment où les dernières traces d'humidité s'évaporent, on assiste au spectacle admirable, et même impressionnant lorsqu'on le voit pour la première fois, de l'apparition des couleurs, qui peu à peu prennent leur place, et acquièrent un très vif éclat quand les opérations ont été bien conduites.

Ces couleurs, toutefois, ne se montrent que dans des conditions toutes particulières d'éclairage et d'examen. Par transparence, on n'aperçoit qu'un négatif très pâle et monochromatique, de teinte ordinairement brune. Il faut regarder la couche par lumière réfléchie, comme on le fait pour les images daguerriennes. Encore les couleurs examinées directement ne sont-elles pas absolument exactes. Il résulte des recherches de M. O. Wiener que cette altération du coloris est due à la lumière réfléchie à la surface exté-

rieure de la couche, tandis que les couleurs sont produites par le jeu de la lumière dans l'épaisseur de la couche contenant les lames minces des ondes stationnaires.

Il est donc nécessaire de séparer ces deux lumières, en mettant la couche gélatineuse en contact optique avec une couche prismatique (c'est-à-dire à faces non parallèles) d'une substance transparente possédant presque le même indice de réfraction. La fig. 136 montre quelle est dans ce cas la marche des rayons lumineux. La couche *b* de la plaque photographique *a* est collée au prisme *c*. Une faible partie des rayons incidents qui rencontrent le prisme dans la direction AB est réfléchie dans la direction BF, tandis que la majeure partie est réfractée vers C. Ces rayons pénètrent dans la couche stratifiée, se colorent par interférence et, renvoyés vers D, parviennent à l'œil de l'observateur dans la direction DE.



Cl. Zeiss.

Fig. 136. — Montage sur prisme.

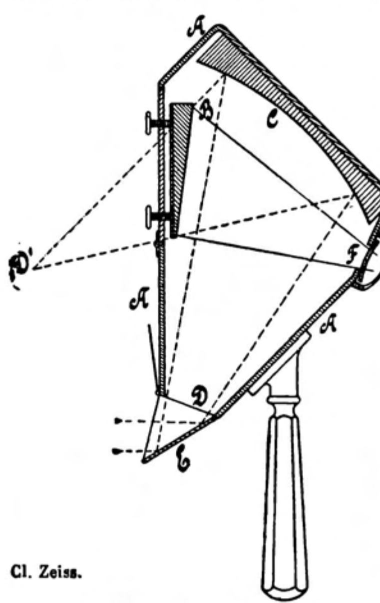
Fig. 137. Cuve à benzine.

Le milieu prismatique peut être constitué par une couche liquide limitée par des surfaces non parallèles. Le procédé le plus simple pour supprimer la réflexion superficielle est celui qu'a indiqué M. O. Wiener. Il consiste à plonger la plaque obliquement dans une cuve remplie de benzine, et à regarder l'image à travers ce liquide. La fig. 137 représente la coupe d'une cuve à benzine construite par la maison Zeiss. Pour assurer à la plaque une position oblique, le fond de la cuve est incliné. A l'exception de la face antérieure, toutes les parois de ce récipient sont recouvertes d'un vernis noir mat.

La cuve à benzine ne sert ordinairement qu'à l'appréciation provisoire du ton des vues, que l'on peut légèrement modifier, avant de procéder au montage définitif, soit en chauffant modérément la plaque de manière à la dessécher plus complètement, soit en la rendant un peu plus humide par la projection de l'haleine. Dans le

premier cas, les couleurs sont décalées vers le bleu ; dans le second, elles le sont vers le rouge.

Le montage définitif consiste à coller la plaque sur un prisme de verre avec du baume de Canada liquide, mais assez consistant. Ce prisme doit avoir un angle assez aigu, comme celui de la fig. 136. C'est, en réalité, une plaque de verre un peu plus épaisse d'un côté que de l'autre. Pour éviter la formation de bulles, il faut mettre beaucoup de baume et exercer une forte pression : l'excès de baume s'échappe par les bords, et on le recueille avec une spatule. On nettoie ensuite les bords à l'alcool et on les recouvre de papier noir. Le dos de la plaque est enfin enduit d'un vernis noir mat, protégé par du papier noir collé sur les bords.



Cl. Zeiss.

Fig. 138. — Iconoscope Zeiss.

L'examen d'une vue ainsi préparée et tenue à la main exige une certaine habitude. Les photographies interférentielles ne font bien voir leurs couleurs que dans une direction déterminée, qui devra se rapprocher autant que possible de la direction perpendiculaire à la surface de l'image. La pièce la plus favorable pour cet examen est une chambre à une seule fenêtre laissant apercevoir une assez grande portion du ciel. On se place dans le fond de la pièce et, tournant le dos à la fenêtre, on incline la vue en cherchant à y faire miroiter les rayons colorés.

Il n'est pas toujours facile de trouver un point de vue dans lequel on ne soit pas gêné par la lumière diffuse, qui pâlit notablement le coloris. Les vues interférentielles sont plus avantageusement mises en valeur quand l'examen en est effectué à l'aide d'instruments spéciaux. La fig. 138 représente l'un des *iconoscopes* combi-

nés à cet effet par la maison Zeiss. Dans la boîte A est placée la plaque interférentielle B, dont la position est réglée par des vis calantes. L'image reçoit, par l'intermédiaire du miroir concave C, la lumière émanée du verre dépoli D éclairé par le miroir plan E. La couche interférentielle intercepte le cône lumineux dirigé vers D′ et le renvoie, par réflexion, vers l'oculaire F.

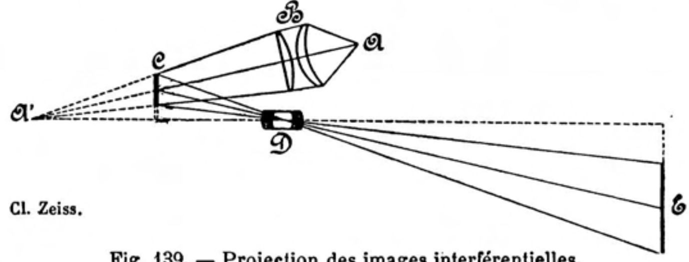


Fig. 139. — Projection des images interférentielles.

La maison Zeiss construit aussi, pour la projection des images interférentielles, un appareil dont la fig. 139 montre les dispositions essentielles. Les rayons émanés d'une lampe à arc placée en A sont concentrés vers A′ par le condensateur B. La plaque interférentielle C les renvoie vers le point D, qui coïncide avec le centre optique d'un objectif à projections. L'image amplifiée de l'épreuve en couleurs va se peindre sur l'écran de projection E.

Insuccès. — Sans être compliquée, la méthode interférentielle est assez délicate, et l'incertitude de ses résultats décourage souvent les débutants. Le mercure en contact avec l'émulsion occasionne fréquemment des taches métalliques brillantes, de formes et de dimensions très différentes. Parfois même ces taches couvrent uniformément l'image. Les taches faibles ne font que déplacer les couleurs, mais les taches brillantes les voilent complètement.

Si le mercure est pur, ces taches ne se produisent que sur les premières plaques, à la condition que le châssis soit parfaitement propre. Les taches métalliques ne se formant qu'au développement et apparaissant un peu moins rapidement que l'image, il y a avantage à interrompre le développement aussitôt que possible. Un développement prolongé ne fournit jamais de bons résultats.

Un autre moyen d'éviter les taches mercurielles a été indiqué par M. H. Lehmann. Il consiste à durcir la couche sensible dans :

Eau distillée	100 cc.
Formaline à 40 p. 100	5 —

La plaque est laissée dans ce bain pendant une minute, lavée à l'eau courante pendant 2 à 3 minutes, épongée avec soin et mise à sécher rapidement, de préférence dans une étuve. Ce traitement n'influe nullement sur la sensibilité des plaques Jahr[1].

Les plaques sous-exposées donnent des couleurs trop peu intenses. Les plaques surexposées avec l'écran de correction présentent des couleurs blanchâtres. Sans écran, les couleurs disparaissent complètement, dès que l'exposition est un peu trop longue.

Même lorsqu'on emploie l'écran et que la pose a été normale, il peut arriver exceptionnellement que les couleurs soient plus ou moins déplacées vers l'une ou l'autre extrémité du spectre. Ce déplacement est parfois occasionné par le voile mercuriel, qui empêche la suppression complète de la réflexion superficielle au moyen de la cuve à benzine ou du prisme en verre. Quand ce cas se présente, les couleurs sont pâles et mates. Nous avons déjà indiqué les moyens d'éviter les taches mercurielles.

Le déplacement des couleurs résulte aussi d'une différence notable entre l'état hygrométrique de la couche sensible et du mercure au moment de la pose et après le séchage. Si la couche était trop humide pendant que la plaque était impressionnée, le séchage occasionne un déplacement vers le bleu, car toutes les lames d'interférence et les intervalles qui les séparent se trouvent resserrés. On rectifie alors le coloris, soit en refroidissant la plaque, soit en l'humectant très légèrement avec l'haleine, avant de l'immerger dans la cuve à benzine. Si, au contraire, la plaque était primitivement trop sèche, l'image est trop rouge, parce que la couche est plus épaisse qu'au moment de la pose, et il faut un peu la chauffer avant de la coller sur le prisme.

Un autre moyen de ramener au ton voulu une image trop rouge consiste à augmenter l'angle de réflexion lors de l'examen ou de la projection. Un portrait normalement exposé pâlira donc si on le

1. *Photographische Rundschau,* 1909, fascicule 11.

regarde sous une incidence trop oblique. Quand le déplacement des couleurs est très faible, on peut le corriger pour l'examen et pour la projection dans la cuve à benzine, en modifiant simplement l'indice de réfraction du liquide contenu dans la cuve. Pour renforcer le rouge, on prend de l'éther ou de l'alcool absolu. Au contraire, pour rendre le bleu plus vigoureux, on choisira le sulfure de carbone ou, si l'on veut éviter l'odeur désagréable de cette substance, la naphtaline chlorée proposée par M. E. König. En mélangeant la benzine avec une des deux dernières substances, on peut réaliser tous les effets intermédiaires. C'est un spectacle extrêmement curieux, et particulièrement intéressant au point de vue théorique, que de voir ainsi passer un paysage des tons chauds aux tons froids et réciproquement.

Applications de la méthode interférentielle. — La lenteur des émulsions sans grain, la complication qu'entraîne l'emploi du mercure, l'incertitude des résultats, l'aspect miroitant des couleurs et leurs conditions très limitées de visibilité restreignent singulièrement, en pratique, la portée de la méthode interférentielle, surtout depuis que l'on trouve dans le commerce les plaques à filtres colorés.

Cependant, la méthode interférentielle conserve d'incontestables avantages. D'abord, elle offre au physicien une admirable confirmation de la théorie moderne de la lumière. L'existence des ondulations éthérées n'est plus une hypothèse : le microscope permet d'analyser la structure de la couche sensible dans l'épaisseur de laquelle les ondes stationnaires déterminées par interférence ont réduit l'argent à l'état de lames minces. En outre, cette méthode produit des couleurs chatoyantes, d'une pureté et d'un éclat très supérieurs à celles que l'on obtient à l'aide des autres procédés. Les couleurs interférentielles ont comme des reflets métalliques et scintillent, pour ainsi dire, quand elles sont vivement éclairées. Elles sont éminemment aptes à reproduire fidèlement le spectre, les effets de polarisation et tous les autres phénomènes qui font apparaître des couleurs très saturées.

L'invention de M. Lippmann est certainement la solution la plus élégante du problème de la chromophotographie, et son charme particulier est de faire sortir, en quelque sorte, du néant des cou-

leurs splendides, formées par le rapprochement de substances incolores.

OUVRAGES A CONSULTER

A. Berget, *Photographie des couleurs par la méthode interférentielle de M. Lippmann*, 2e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1901.

A. Berthier, *Manuel de photochromie interférentielle*, Paris (Gauthier-Villars), 1895.

L.-P. Clerc, *la Photographie des couleurs*, avec une préface de M. Gabriel Lippmann, Paris (Gauthier-Villars), 1896.

E. Coustet, *la Photographie des couleurs*, Paris (Larousse), 1907.

H. Lehmann, *Beiträge zur Theorie und Praxis der direkten Farbenphotographie mittels stehender Lichtquellen nach Lippmanns Methode*, Freiburg i. Br. (C. Troemer), 1906.

E. Konig et E.-J. Wall, *Natural Colour Photography*, Londres (Dawbarn et Ward), 1906.

R. Neuhauss, *Die Farbenphotographie nach Lippmann Verfahren*, Halle a/S. (W. Knapp), 1898.

N. Rood, *Théorie scientifique des couleurs*, Paris (Germer-Baillère), 1881.

E. Valenta, *Die Photographie in natürlichen Farben, mit besonderer Berücksichtigung des Lippmannschen Verfahrens*, Halle a/S. (W. Knapp), 1894.

LIVRE V

APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE

CHAPITRE XXI

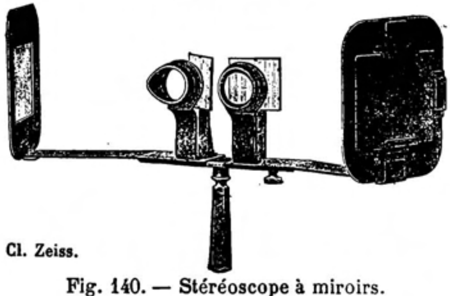
LA STÉRÉOSCOPIE

Vision binoculaire. Stéréoscope. — Le principe sur lequel repose la sensation du relief par la vision simultanée des deux yeux est connu depuis l'antiquité. Euclide a dit, 300 ans avant notre ère : « Voir le relief (στερεὸν σκοπεῖν), c'est recevoir, au moyen de chaque œil, l'impression simultanée de deux images dissemblables du même objet. » La théorie en était exactement élucidée à l'époque de la Renaissance, ainsi qu'en témoignent les manuscrits de Léonard de Vinci.

Quand un objet en relief est placé devant nous, l'image qu'en voit l'œil gauche n'est pas tout à fait la même que celle qu'en voit l'œil droit. Par exemple, si un dé à jouer se trouve à égale distance entre les deux yeux, tous deux en verront bien la face antérieure; mais, en outre, l'œil droit en apercevra la face latérale droite, qui se trouve cachée à l'œil gauche, tandis que ce dernier apercevra la face latérale gauche, que l'œil droit ne peut pas voir. Dessinons séparément ces deux aspects et disposons les croquis de telle sorte que chaque œil aperçoive uniquement celui qui correspond à sa perspective : nous distinguerons alors, non pas deux images différentes, mais un objet unique, qui nous paraîtra en relief, comme si c'était, non plus une figure dessinée sur une surface plane, mais bien un *solide* (en grec στερεός). De là le nom de *stéréoscope* donné

à l'instrument qui nous donne la sensation du relief par la vision binoculaire.

La réalisation du stéréoscope est à peu près contemporaine du daguerréotype. C'est Wheatstone qui construisit le premier, en 1838. Deux dessins d'un même objet le représentaient sous les perspectives légèrement différentes qui correspondent à chacun des deux yeux. Ces deux dessins étaient disposés l'un en face de l'autre, aux deux extrémités d'une planchette (fig. 140). Deux miroirs inclinés renvoyaient les deux images vers deux œilletons, à travers lesquels l'observateur apercevait le sujet en relief.



Cl. Zeiss.

Fig. 140. — Stéréoscope à miroirs.

En 1844, Brewster construisait le stéréoscope à prismes, à peu près tel qu'on le fabrique encore actuellement. Néanmoins, depuis quelques années, les prismes sont généralement remplacés par des lentilles achromatiques au foyer desquelles se trouvent placées, l'une à côté de l'autre, les deux images dont la vision simultanée procure la sensation du relief.

Une crémaillère permet de mettre au point, suivant la vue de chaque observateur. La paroi opposée aux oculaires est ordinairement constituée par un verre dépoli, pour l'observation des diapositifs stéréoscopiques. Les épreuves sur papier sont éclairées par devant au moyen d'un miroir monté à charnières sur la paroi supérieure (fig. 141). Le stéréoscope à colonne (fig. 142) contient une série de vues stéréoscopiques que l'observateur amène successivement devant les oculaires en tournant deux boutons extérieurs.

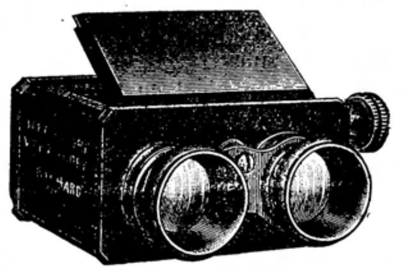
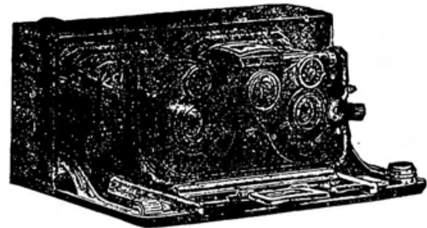


Fig. 141. — Stéréoscope à lentilles.

Le stéréoscope serait demeuré une simple curiosité de cabinet de physique, sans la photographie qui permet d'exécuter très facilement les images destinées à la vision binoculaire.

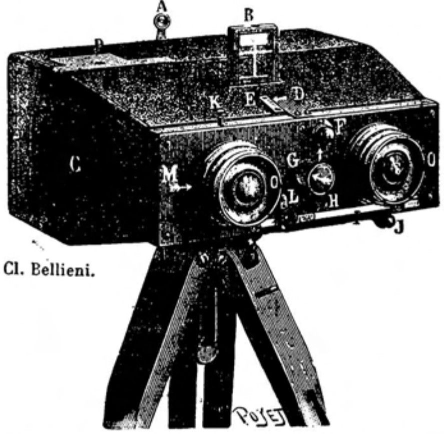
Appareils et méthodes stéréophotographiques. — Pour la reproduction des objets

Fig. 142. — Stéréoscope à colonne.



Cl. Poulenc.
Fig. 143. — Appareil photostéréographique.

immobiles, une chambre photographique ordinaire suffit parfaitement. On la fixe à un support sur lequel on lui fait prendre successivement deux positions différentes, éloignées l'une de l'autre d'une quantité égale à l'écartement des yeux, ou même un peu supérieure, si l'on tient à exagérer le relief. On exécute successivement les deux clichés, et les deux épreuves qu'on en obtient sont juxtaposées sur le même carton (ou sur le même verre, si ce sont des diapositifs).



Cl. Bellieni.
Fig. 144. — Jumelle photostéréographique.

Dans la plupart des cas, il faut exécuter les deux clichés simultanément, à l'aide d'une chambre noire divisée en deux compartiments et munie de deux objectifs (fig. 143, 144

145). Ces deux objectifs doivent, bien entendu, avoir des foyers rigoureusement égaux.

La fig. 144 représente la jumelle Bellieni. Les deux objectifs O, O sont munis de diaphragmes iris reliés par une bielle articulée I qui se déplace en regard d'une division indiquant l'ouverture utilisée. Une pince à ressort et à vis L évite toute modification de l'ouverture des diaphragmes. La mise au point s'effectue à l'aide du bouton J : en même temps que les objectifs se déplacent, un index D se meut sur une échelle graduée E, qui sert à régler au juger la distance focale, d'après la distance du sujet à photographier. Le viseur est constitué par un œilleton A et un cadre à réticule B, qui peuvent se rabattre, pendant le transport, sur la paroi supérieure de la chambre. L'obturateur est armé, c'est-à-dire mis à sa position de départ, à l'aide du bouton G. La vitesse d'obturation se règle par le bouton F, chiffré de 1 à 5, et le déclanchement est obtenu en pressant le bouton K. Pour faire la pose, on tourne l'index H, après avoir armé l'obturateur jusqu'à mi-course. L'exposition successive des plaques contenues dans le magasin est commandée par la tirette C. Un compteur automatique P fait connaître le nombre de plaques exposées. Les flèches M sont des repères nécessaires au remontage exact des objectifs, lorsqu'on les a dévissés pour en nettoyer les lentilles.

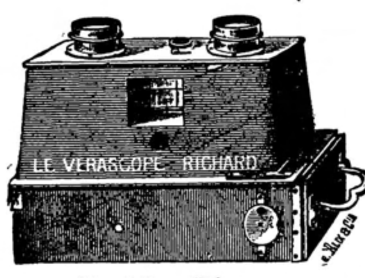


Fig. 145. — Vérascope.

Les deux images se trouvent ordinairement juxtaposées sur la même plaque. Pour en tirer une épreuve sur papier, on met dans le châssis-presse, en contact avec le double négatif, une feuille sensible de même format. Les deux images contiguës sont ainsi imprimées, virées et fixées simultanément. Mais, si on les observait dans ces conditions à travers les oculaires du stéréoscope, on verrait le sujet, non pas en relief, mais bien en creux, comme si on en regardait un moulage. Cet effet *pseudoscopique* résulte de l'inversion des images dans chacun des compartiments de la

chambre noire, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte par les diagrammes suivants.

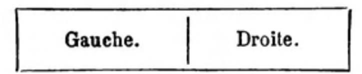
Chacun des objectifs donnant une image renversée :

Gauche.	Droite.

Si nous redressons le cliché dans sa position normale, les images se trouveront interverties :

Droite.	Gauche.

D'où la nécessité de séparer les deux épreuves et de les transposer dans leur véritable sens :



Il faut donc coller sur le côté droit du carton l'image qui se trouvait à gauche de la double épreuve, et sur le côté gauche celle qui se trouvait à droite. Ennel a fait connaître un artifice très ingénieux, et cependant peu usité, pour imprimer directement et sans aucune transposition les épreuves stéréoscopiques sur papier d'après un négatif exécuté dans la chambre binoculaire. On évite une grande perte de temps en procédant comme suit. Supposons que la plaque portant les deux images négatives ait une longueur totale de 18 centimètres. On prend une bande de papier sensible de 36 centimètres de longueur et d'une largeur égale à la hauteur des images négatives. On replie chaque bout de cette bande (9 centimètres de chaque côté), la surface sensible en dehors, de telle sorte que les bords se rencontrent au milieu. Le milieu du papier ainsi replié présente une surface continue de 18 centimètres de long, et les deux bouts repliés ont ensemble également une longueur de 18 centimètres. On imprime alors sous le cliché l'une des surfaces sensibles, puis on retourne le papier et l'on imprime l'autre (si le papier est mince et très sensible, il sera prudent d'interposer une bande de papier noir). Ces deux impressions terminées, la bande est virée, fixée, lavée et séchée. On a ainsi, sur cette bande de 36 centimètres

de longueur, deux séries d'épreuves stéréoscopiques complètes, c'est-à-dire quatre images en ligne droite qui sont dans la position voulue. On n'a plus qu'à couper le papier par le milieu pour avoir deux couples stéréoscopiques que l'on pourra coller chacun sur un carton, sans avoir à en transposer les images.

Les diapositifs sur verre peuvent être séparés au diamant et transposés sur une glace où on les assujettit par des bandes de papier noir gommé. Cependant, il est rare que l'on procède ainsi, et le plus souvent les diapositifs stéréoscopiques sont tirés à l'aide d'un châssis transposeur (fig. 146) permettant d'impressionner la partie droite de la plaque positive sous le négatif placé à gauche, et la partie gauche sous le négatif de droite.

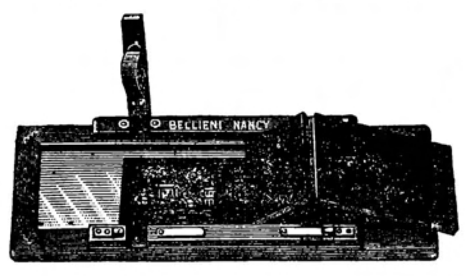


Fig. 146. — Châssis transposeur.

Plaques autostéréoscopiques. — En 1903, l'Américain E. Ives faisait connaître, sous le nom de *parallax-stereograms*, des diapositifs sur lesquels on voyait directement les objets en relief, sans avoir recours à aucun instrument d'optique. Les plaques sur lesquelles était obtenu cet effet pouvaient être de dimensions quelconques et observées simultanément par plusieurs personnes, tandis que, dans le stéréoscope, le format est limité au moins dans le sens de la largeur par l'écartement des yeux, et l'image n'est visible que par un seul observateur à la fois.

Pour obtenir un parallax-stéréogramme, M. Ives, appliquant un principe indiqué dès 1896 par M. Berthier, exposait une plaque au foyer d'un objectif simple de grand diamètre, contre la lentille duquel était fixée une lame opaque percée de deux ouvertures en regard des deux extrémités du diamètre horizontal du verre. De plus, un *gril* ou réseau à lignes verticales était interposé en avant de la surface sensible, plus ou moins près suivant l'espacement des traits (il y en avait environ 100 à 150 par pouce).

Les rayons transmis par chacune des deux ouvertures sont par-

tiellement interceptés par les lignes opaques de la trame. Après développement, fixage et tirage du cliché composite, on a une image confuse, où ne se montre aucun relief. Mais l'effet sera tout différent si l'on observe cette image derrière le gril qui avait été interposé devant la plaque sensible, en ayant soin de le repérer exactement dans sa position primitive. Alors, les traits opaques du réseau cachent à l'œil droit l'image fournie par l'ouverture placée à gauche, et *vice versa.* Chaque œil ne voit ainsi que l'image qui lui est destinée, comme dans le stéréoscope, mais l'illusion est ici plus complète, parce que l'observateur peut se déplacer à droite et à gauche sans cesser de percevoir le relief.

M. Estanave a supprimé tout repérage, en imprimant un réseau de lignes noires parallèles au dos d'une plaque au gélatinobromure. Cette plaque est impressionnée, verre en avant et gélatine en arrière, dans une chambre dont l'objectif est muni d'un diaphragme à deux ouvertures, comme dans le procédé Ives. Après développement et inversion, on a un diapositif reproduisant le modèle avec le relief stéréoscopique. La trame n'ayant environ que 40 lignes par centimètre, le diapositif examiné de très près se montre haché de rayures, comme si on le regardait à travers les barreaux d'une grille; mais si l'on s'en éloigne suffisamment, cet inconvénient disparaît, l'illusion est complète, et le relief persiste même si l'observateur change de place.

Le même dispositif a permis d'obtenir des épreuves à effet changeant. Au lieu de laisser pénétrer la lumière simultanément par les deux ouvertures de l'objectif, on exécute deux poses successives sur la même plaque. Ainsi, dans le cas d'un portrait, le sujet aura les yeux ouverts pendant qu'on laissera pénétrer la lumière par l'orifice droit, et les tiendra fermés pendant la pose exécutée par l'orifice gauche. Si l'on examine le diapositif ainsi obtenu, on verra le modèle avec les yeux ouverts ou fermés, suivant qu'on se placera à droite ou à gauche du centre de la plaque. Et, si l'on se déplace rapidement, ou si l'on imprime au diapositif un mouvement d'oscillation, on verra le modèle fermer les yeux, puis les ouvrir et les fermer encore.

Enfin, en remplaçant le réseau primitif par une trame quadrillée, c'est-à-dire rayée de traits verticaux et de traits horizontaux,

et en perçant le diaphragme de quatre ouvertures disposées aux angles d'un carré dont les côtés sont verticaux et horizontaux, M. Estanave a réalisé des effets plus complexes. Le relief est donné par les raies verticales, tandis que les raies horizontales donnent lieu à des effets changeants, que l'observateur obtient en se déplaçant dans le sens vertical ou en inclinant la plaque en avant ou en arrière.

Photographie intégrale. — M. Lippmann a imaginé, en 1908, un procédé susceptible de donner l'illusion du relief beaucoup plus complètement que ne peuvent le faire les méthodes stéréoscopiques précédentes. Ce qui ajoute encore à l'originalité de cette innovation, c'est qu'elle supprime la chambre noire et l'objectif. L'appareil se réduit à un châssis contenant la plaque sensible, que l'on démasque au moment de l'impressionner. Après développement et inversion, on a un diapositif à travers lequel le modèle est vu en relief et présente des perspectives changeantes à mesure que l'observateur se déplace, absolument comme si cette plaque était une fenêtre ouverte sur le site que l'on a voulu reproduire.

A vrai dire, la réalisation de ce procédé singulier offre de grandes difficultés techniques, mais la théorie en est si ingénieuse qu'il convient d'en connaître au moins l'essentiel.

La plaque sensible est formée d'une multitude d'éléments convexes constituant chacun un objectif et une chambre noire microscopiques. C'est une pellicule de celluloïd dont les deux surfaces sont moulées de manière à présenter des convexités disposées en regard les unes des autres, mais avec des courbures différentes. Le côté sur lequel est coulée l'émulsion est faiblement ondulé, tandis que le côté opposé, qui sera dirigé vers le sujet à photographier, est formé d'éléments dont la convexité est beaucoup plus accusée. Ces éléments antérieurs, de courbure à très faible rayon, constituent autant d'objectifs projetant une microscopique image du modèle sur la face opposée de la pellicule, où se trouve l'émulsion au gélatinobromure. La courbure de la surface sur laquelle se forme l'image est calculée de manière que celle-ci soit bien au point. Comme le foyer de chaque objectif est extrêmement court, tous les objets, même situés à faible distance, se dessineront avec une netteté pratiquement suffisante. Il est utile qu'une couche de pigment

noir isole optiquement chaque élément de ceux qui l'entourent. Pour abréger, nous donnerons le nom de *cellule* à chacune des petites chambres noires ainsi constituées.

La plaque est enfermée dans un châssis, que l'on ouvre en face du sujet à reproduire et que l'on referme après la pose. On développe et l'on inverse, de manière à obtenir un diapositif.

Si l'on examine alors la plaque par transparence, en la regardant du côté de la gélatine, on ne distingue aucune image, à l'œil nu. Au microscope, on apercevrait une multitude de petites images juxtaposées. Mais, si l'observateur se place du côté opposé à la gélatine, c'est-à-dire du côté des objectifs, alors il voit le sujet *en grandeur naturelle,* en relief, et sous des aspects qui changent à mesure qu'on regarde la plaque sous des incidences différentes, comme si l'on se trouvait en présence de la réalité, d'où le nom de *photographie intégrale* donné à ce procédé.

Ce résultat, si étrange qu'il semble à première vue, s'explique cependant. Chacun des petits objectifs fournit une image virtuelle amplifiée dont le champ est très étendu, par suite de la très faible distance focale. L'œil de l'observateur n'embrasse à la fois qu'une faible partie de ce champ; mais, s'il se déplace, il verra une nouvelle partie du champ, et, comme les deux yeux occupent des positions différentes, ils aperçoivent des perspectives correspondant à la vision binoculaire du modèle. Les conditions de la perception du relief se trouvent ainsi remplies, sans l'emploi d'un stéréoscope.

L'image perçue par chaque œil du spectateur est la résultante des microscopiques images formées au fond des cellules. L'image perçue paraîtra continue si les cellules sont suffisamment rapprochées : il faut pour cela que la distance linéaire entre deux cellules soit moindre que l'ouverture pupillaire. « A chaque instant, dit M. Lippmann[1], l'image observée est limitée par les bords de l'épreuve, comme la vue des objets extérieurs le serait par les bords d'une lucarne à travers laquelle on regarderait. En déplaçant la tête, on voit d'autres objets s'encadrer entre les mêmes bords, et par un mouvement suffisant, on fait, s'il s'agit d'un paysage, le tour de l'horizon. Il pourrait paraître invraisemblable *à priori* qu'une

1. *Photo-Gazette,* 25 avril 1908, p. 110.

seule et même épreuve photographique puisse nous montrer une succession de vues différentes. Mais ce résultat s'explique simplement : lorsqu'on est en face de l'épreuve, l'image résultante qui apparaît projetée dans l'espace est la sommation d'éléments, dont chacun est emprunté à la partie médiane de l'une des petites images cellulaires, qui occupent toute l'étendue de l'épreuve. Lorsqu'on regarde celle-ci obliquement, la sommation se fait aux dépens d'éléments empruntés respectivement aux parties latérales des images cellulaires. Si celles-ci ont une ouverture de 120°, par exemple, on pourra balayer 120° du paysage. La perception est ainsi variée, parce que chaque cellule porte, imprimée dans son fond, une vue panoramique du monde extérieur. *Tota in minimis existit natura.*

« On augmenterait encore l'angle balayé, on le porterait à 360°, en employant une pellicule convexe, cylindrique par exemple, au lieu d'une pellicule plane. Avec une pellicule bombée, comme le serait une portion de sphère ou d'ellipsoïde, on embrasserait le ciel et la terre en même temps que tout l'horizon, et la ressemblance du système avec certains yeux d'insectes deviendrait plus complète.

« Lorsque le sens de la marche de la lumière est changé dans une chambre noire, les rayons reprennent à la sortie le même chemin qu'à l'entrée. Il en résulte que les déformations de l'image, dues aux imperfections de l'objectif, sont sans effet ; elles sont éliminées grâce au renversement, et l'objectif, malgré ses défauts, fonctionne comme s'il était parfait. »

OUVRAGES A CONSULTER

R. Colson, *la Photographie stéréoscopique,* Paris (Gauthier-Villars), 1899.
A. Delamarre, *Pratique de la photographie stéréoscopique,* Paris (H. Desforges), 1906.
A.-L. Donnadieu, *Traité de photographie stéréoscopique,* Paris (Gauthier-Villars), 1892.
F. Drouin, *le Stéréoscope et la Photographie stéréoscopique,* Paris (Ch. Mendel).
C. Fabre, *Traité de photographie stéréoscopique,* Paris (Gauthier-Villars), 1906.
L. Mathet, *Traité pratique de photographie stéréoscopique,* Paris (Ch. Mendel).
Von Rohr, *Die binokularen Instrumente,* Berlin (Julius Springer), 1907.
F. Stolze, *Die Stereoskopie und das Stereoskop in Theorie und Praxis,* 2e édition, Halle a/S. (W. Knapp).
L. Stockhammer, *la Stéréoscopie rationnelle,* 2. édition, Paris (Ch. Mendel), 1913.

CHAPITRE XXII

LA PHOTOGRAPHIE DOCUMENTAIRE

Généralités. — En principe, toutes les images photographiques peuvent être considérées comme des documents d'une indéniable exactitude. Le portrait sans retouche, applicable aux cartes d'identité, le paysage, la reproduction des monuments ou des tableaux, tout cela, au fond, c'est de la photographie documentaire, aussi bien que les microphotographies, les radiographies et les clichés qu'exécutent les astronomes. A tous ces points de vue, le rôle de la photographie, déjà prépondérant, grandit chaque jour davantage.

Les procédés modernes permettent d'atteindre presque à la perfection avec le minimum de difficulté. Les objectifs exempts d'aberration, les anastigmats, fournissent des images d'une extrême finesse sur toute l'étendue du champ utilisé; leur luminosité, jointe à la sensibilité des plaques, facilite la reproduction fidèle des objets, même animés de mouvements rapides. L'orthochromatisme des émulsions, la souplesse et l'énergie des révélateurs, permettent de ne rien perdre des plus délicates nuances. Les couleurs elles-mêmes, nous l'avons vu, sont actuellement fixées avec toute l'exactitude désirable.

Aussi, toutes les sciences y ont-elles recours, aussi bien l'anatomie ou la physiologie que l'archéologie et la géographie. De nos jours, l'explorateur ne saurait se dispenser de rapporter une ample moisson de clichés qui ne constituent pas seulement pour lui des sujets d'études, mais qui sont aussi les preuves nécessaires de la véracité de ses récits. Nous sommes ainsi initiés à la faune et à la flore de toutes les contrées, et, grâce à la photographie, il est loisible à tous de faire le tour du monde sans sortir de chez soi.

La presse illustrée photographiquement nous a habitués au docu-

ment précis, et les œuvres des grands peintres sont maintenant connues partout, depuis que les impressions photomécaniques en ont rendu les copies accessibles à tous.

Que ce soit sous forme de projections de vues stéréoscopiques, de similigravures ou de cartes postales, la photographie est désormais le plus puissant moyen d'information et d'enseignement.

Au cours de ce chapitre, nous allons analyser quelques-unes des applications de la photographie considérée comme moyen de documentation : reproduction des tableaux ou des images monochromes, photographie judiciaire, topographie, cartographie, etc. D'autres méthodes documentaires, en raison soit de leur importance, soit de leur caractère spécial, feront l'objet de chapitres séparés.

Reproductions. — Avant de photographier un tableau, une gravure, une page manuscrite ou imprimée, il est presque toujours nécessaire de faire subir au modèle une préparation. Si c'est un tableau à l'huile, il est essentiel d'en atténuer l'aspect miroitant. En outre, si la peinture en est salie ou assombrie par le temps, il faut au préalable l'éclaircir. La toile sera donc minutieusement époussetée, puis légèrement lavée avec un linge humide. Si les blancs, ordinairement constitués par de la céruse (carbonate de plomb), ont noirci sous l'influence d'émanations sulfureuses, on pourra les revivifier à l'aide de l'eau oxygénée, qui transforme le sulfure de plomb noir en sulfate de plomb blanc. Une fois les couleurs éclaircies, on remédie au miroitement du vernis en le recouvrant d'une couche de glycérine pure que l'on frotte à l'aide d'une éponge non humide. La surface devient alors mate, et les couleurs s'avivent encore. Cet enduit s'enlève, du reste, facilement, après l'opération, au moyen d'une éponge imbibée d'eau. La glycérine est quelquefois remplacée par l'albumine, qui s'emploie de la même manière.

Si le modèle à reproduire est encadré sous verre et qu'il soit nécessaire de le laisser ainsi, il faut veiller aux moindres poussières qui risqueraient de compromettre la réussite. Quand le modèle n'est pas conservé sous verre, certains auteurs conseillent de le plonger dans une cuvette pleine d'eau et de le photographier à l'aide d'un appareil à axe optique vertical. Il est certain que l'immersion atténue les inégalités des surfaces, et que le grain du

papier y disparaît. Néanmoins, ces avantages sont surtout théoriques. Il ne faut pas songer à tremper une aquarelle ou un pastel : ce serait les perdre à coup sûr. Les gravures elles-mêmes s'abîment, dans de telles conditions : le papier, en séchant, se gondole, et il en résulte des déformations toujours fâcheuses et parfois très graves, s'il s'agit d'un plan coté ou d'une carte. Cependant l'immersion est assez avantageuse dans la reproduction des épreuves photographiques non montées.

En fait, l'immersion peut être remplacée par l'application du modèle sur le côté dépoli d'une glace finement doucie. Le contact des deux surfaces doit être assuré par une certaine pression, comme celle que l'on obtient dans un châssis à épreuves. Le modèle est photographié à travers la glace, dont on a soin d'éviter les reflets en procédant comme il est dit plus loin. L'image obtenue par ce moyen est exempte de grain, mais elle manque généralement de vigueur, si l'on n'a soin d'éviter la surexposition, ainsi que le voile au développement.

Mais le grain du papier, comme le miroitement du verre, seront plus pratiquement supprimés par un éclairage judicieusement réglé.

Une excellente méthode consiste à disposer le modèle au fond d'un cône ou d'un tronc de pyramide à base rectangulaire dont les surfaces intérieures sont recouvertes de papier blanc ou de feuilles d'étain. On arrive cependant à un résultat sensiblement équivalent en interposant un écran de mousseline blanche du côté d'où vient la lumière, et des écrans blancs opaques formant réflecteurs du côté opposé, de façon à entourer le sujet d'une lumière très diffusée.

Pour obtenir une reproduction exacte, sans aucune altération des formes, il est indispensable que la surface à photographier soit rigoureusement parallèle au plan qu'occupera la surface sensible. Dans l'industrie, cette condition est réalisée par le dispositif représenté fig. 147. La chambre noire repose sur quatre galets roulant sur deux rails fixés le long d'un socle horizontal, à l'extrémité duquel un châssis vertical reçoit le modèle à reproduire. Le parallélisme nécessaire se trouve ainsi automatiquement assuré, quelle que soit la distance qui sépare l'appareil du modèle. Cette distance une fois réglée, d'après les dimensions que doit avoir

la reproduction, la chambre est immobilisée sur les rails par des vis de serrage. La tablette repose d'ordinaire sur quatre pieds rigides. Néanmoins, dans les locaux où les vibrations du sol risquent d'altérer la netteté des images, qui exigent une grande précision, la tablette est posée sur des ressorts amortisseurs, ou même suspendue au plafond par des cordages, ainsi que nous l'avons déjà vu en traitant des procédés photomécaniques (p. 318).

L'objectif sera, bien entendu, rectilinéaire. Une lentille simple,

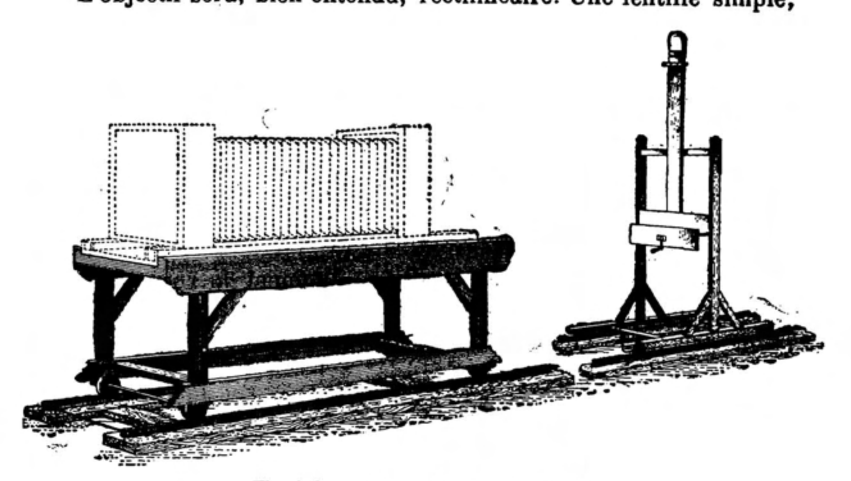


Fig. 147. — Appareil à reproductions.

quoique achromatique et même anastigmatique, ne vaudrait rien, puisqu'elle ne saurait être complètement exempte de distorsion. L'aplanat est suffisant quand on veut reproduire un tableau ou un fusain dont les détails ne sont pas très poussés. Un grand angulaire offre l'avantage de n'exiger qu'une planchette de support assez courte et de réduire par conséquent au minimum l'encombrement du matériel de reproduction.

Mais, quand il s'agit de ne rien perdre des moindres détails d'une épreuve au citrate ou d'une gravure au trait; quand on tient à rendre toute la finesse des lignes d'une carte ou d'une eau-forte, alors il est nécessaire de recourir à l'anastigmat. Seu-

lement, pour tirer parti de toutes ses qualités, il faut régler la mise au point avec le plus grand soin, par suite du défaut de profondeur de foyer de l'instrument qui doit être utilisé à sa plus grande ouverture, ou du moins très peu diaphragmé, parce qu'une ouverture trop étroite épaissirait les traits par diffraction (V. p. 40). Il importe donc que la construction de l'appareil soit assez précise pour que la surface sensible vienne occuper rigoureusement le même plan que le verre dépoli : une chambre noire mal construite rendrait complètement illusoires les qualités de l'objectif le plus parfait.

Les plaques ordinaires conviennent toutes à la reproduction des fusains et des lavis qui n'exigent pas une extrême définition. Les sujets en couleurs nécessitent, bien entendu, l'emploi de plaques panchromatiques et l'interposition d'un verre jaune. On fera également usage d'un écran jaune pour reproduire des caractères bleus ou violets sur papier blanc, tandis qu'un écran bleu fera parfaitement ressortir une écriture jaunie par le temps et devenue presque invisible. Pour les dessins, les gravures et surtout les cartes dont on tient à reproduire toute la finesse de trait, les émulsions rapides ne vaudraient rien. Si l'on veut utiliser toutes les qualités d'un objectif de haut rendement, il faut avoir recours à des surfaces sensibles à grain très fin et même sans grain. C'est pourquoi l'industrie n'a pas entièrement abandonné le procédé au collodion. On obtiendra cependant des clichés très fins en employant les émulsions au gélatinobromure lentes ou, ce qui vaut mieux, les plaques destinées à l'exécution des diapositifs. Ces plaques exigeront naturellement une pose très longue, mais fourniront des images d'une extrême finesse.

La durée du temps de pose sera d'ailleurs déterminée, non seulement d'après la sensibilité de l'émulsion et l'intensité de l'éclairage, mais aussi d'après l'aspect du modèle et l'effet à réaliser. Les sujets à teintes continues, comme les tableaux peints à l'huile, les aquarelles, les photocopies, s'accommodent bien d'une légère surexposition, qui contribue à mettre bien en valeur la délicatesse de leur modelé. Par contre, la sous-exposition convient aux gravures au trait, aux dessins à la plume.

La même distinction doit encore se poursuivre dans les autres

opérations. Les sujets à demi-teintes seront développés plutôt lentement, dans un révélateur évitant l'empâtement des opacités. Pour les reproductions de traits, le développement sera, au contraire, conduit de manière à former un cliché dont les noirs seront bien opaques et les blancs bien transparents. Si le contraste n'en est pas suffisant, on éclaircira complètement les blancs dans le réducteur de Farmer, on lavera la plaque avec soin, et l'on renforcera les noirs au bichlorure ou à l'iodure de mercure.

Photographie judiciaire. — Le document probablement le plus ancien qui mentionne l'emploi de la photographie en matière judiciaire est le *Journal des tribunaux* du 10 septembre 1854. L'avocat Pellis, de Lausanne, y raconte comment un portrait au daguerréotype permit seul de découvrir l'identité d'un individu énigmatique, inculpé de vol. Depuis cette époque, la photographie a été souvent utilisée par la police, mais les services qu'elle était susceptible de rendre, à défaut d'organisation rationnelle, étaient loin d'égaler ceux que l'on doit aux portraits signalétiques actuels.

Il est difficile de fixer la date du premier emploi de la photographie comme moyen de reconnaître les faux en écriture : on trouve des reproductions de lettres remontant aux premiers jours de la photographie, mais ces épreuves sont plutôt exécutées dans le but de garder le duplicata d'un document que pour fournir un moyen d'analyse.

Ce n'est guère que depuis 1880 que des ateliers photographiques sont spécialement affectés à l'usage policier et judiciaire, et c'est de 1882 que date l'organisation, par M. Alphonse Bertillon, du service d'identification connu sous le nom d'*anthropométrie signalétique*, dans lequel une large place est réservée à la photographie.

Actuellement, le rôle de la photographie en matière judiciaire comprend : 1° la reproduction des lieux du crime ou de l'accident; 2° l'exécution de documents comme moyen d'expertise; 3° l'identification des criminels ou de cadavres inconnus.

Photographie prise sur le lieu du crime ou de la catastrophe. — L'image reproduite par la chambre noire est un document indiscutable, où l'on peut constamment reconnaître les moindres détails qui auraient passé inaperçus au cours d'une sommaire constata-

tion visuelle. Il est presque toujours nécessaire d'exécuter plusieurs clichés différents, de façon à fixer non seulement l'ensemble des lieux, vus sous diverses perspectives, mais aussi tous les détails capables d'intéresser l'enquête judiciaire, comme les meubles montrant des traces d'effraction, les tapis dont les plis caractéristiques indiquent une lutte ou une fuite. La reproduction des empreintes de pas ou des lignes papillaires de la peau des doigts, les taches de sang, etc., serviront à l'identification de l'inculpé ou à la recherche du criminel inconnu.

A cette catégorie documentaire il faut aussi ajouter l'emploi occasionnel de la photographie pour prendre des instantanés pendant des grèves ou des incendies.

Photographie comme moyen d'expertise. — Cette application est basée sur ce fait que la plaque photographique est sensible à des différences de nuances qui échappent à notre organe visuel. C'est ainsi qu'un cliché peut montrer sur le corps d'un cadavre des traces de coups ou de strangulation absolument invisibles à l'examen direct. La photographie sert également à découvrir des taches de sang sur des étoffes lavées. Elle donne aussi le moyen de reconstituer des lettres ou des billets de banque brûlés. Enfin, la photographie est appliquée à l'examen des documents écrits, soit pour rechercher une falsification sur l'original, soit pour comparer entre elles deux ou plusieurs écritures. L'emploi de plaques ordinaires et orthochromatiques, l'interposition d'écrans diversement colorés, l'agrandissement, la superposition, sont autant de moyens de reconnaître si tous les traits d'un document sont de la même main ou s'ils ont été exécutés par deux personnes différentes, ou s'ils sont tracés avec la même encre et à la même époque.

Identification d'inconnus. — Par la méthode Bertillon, il est actuellement facile de classer des centaines de mille portraits au moyen des fiches signalétiques et de retrouver, en quelques minutes, le portrait d'un individu déterminé. Chaque fiche indique la taille, l'envergure des bras, le buste (hauteur de l'homme assis), la longueur de la tête, la longueur de l'oreille droite, la distance qui sépare les deux zygomas, la longueur du pied gauche, la longueur du doigt médius gauche, la longueur de l'auriculaire gauche

et la longueur de la coudée gauche. A ces indications numériques sont joints certains signalements descriptifs, tels que la couleur de

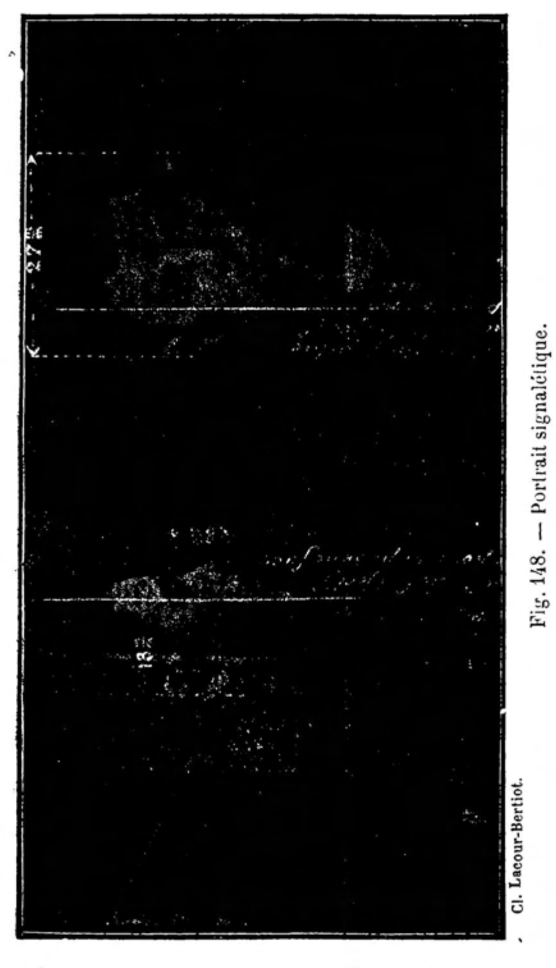


Fig. 148. — Portrait signalétique.

Cl. Lacour-Bertiot.

l'iris, la teinte des cheveux, etc., et l'énumération des marques particulières : cicatrices, tatouages, etc. Enfin, au milieu du recto

de la fiche, se trouve la photographie de profil et de face (fig. 148), exécutée à l'aide d'un appareil spécial.

L'appareil Bertillon (fig. 149) se compose d'une chambre à foyer fixe M, réglée d'avance pour la réduction à 1/7 surmontée d'une autre chambre plus petite V servant de viseur, et d'une chaise de pose C qui, par sa forme appropriée, force le sujet à s'asseoir de manière que la colonne vertébrale soit rigoureusement appuyée au dossier. Le socle S est percé de huit trous, destinés à recevoir la chaise de pose et à repérer exactement les positions de profil et de face. La distance de la chaise à l'objectif étant réglée une fois pour toutes, la position du siège reste toujours la même pour la photographie de face ; il est seulement nécessaire d'ajouter des dossiers supplémentaires D, suivant les sujets, pour compenser les différences d'écarts. Pour la photographie de profil, on fait pivoter la chaise de 90°, en prenant comme axe de rotation la verticale passant par l'angle externe de l'œil droit. La tête du sujet est appuyée contre une pièce mobile T. Suivant la taille du sujet, on élève ou on abaisse la chambre noire, de manière à amener au centre du verre dépoli (marqué par le croisement d'un trait vertical et d'un trait incliné de 15° sur l'horizontale) l'image de l'angle externe de l'œil droit pour la pose de profil, et l'image de la racine du nez pour la pose de face. P est le porte-mire, muni d'une glace verticale avec lignes inclinées de 15°.

Les lignes *xx*, *yy* tracées sur le sol servent à déterminer exactement les positions respectives de l'appareil, du socle et de la mire. Deux règles pliantes A, B, donnent la distance pour les deux poses.

Métrophotographie. — Malgré l'imperfection des premiers objectifs, l'invention de Daguerre avait immédiatement donné à prévoir que les images si détaillées et si rapidement obtenues dans la chambre noire seraient susceptibles de singulièrement faciliter les relevés des architectes et des topographes. Arago et Gay-Lussac, en communiquant leur rapport sur le nouveau procédé, le premier devant la Chambre des députés, le second devant la Chambre des pairs, n'avaient pas manqué d'appeler l'attention sur l'importance de cette application.

C'est le colonel Laussedat qui a définitivement résolu le problème ébauché au dix-septième siècle par Beautemps-Beaupré : d'images

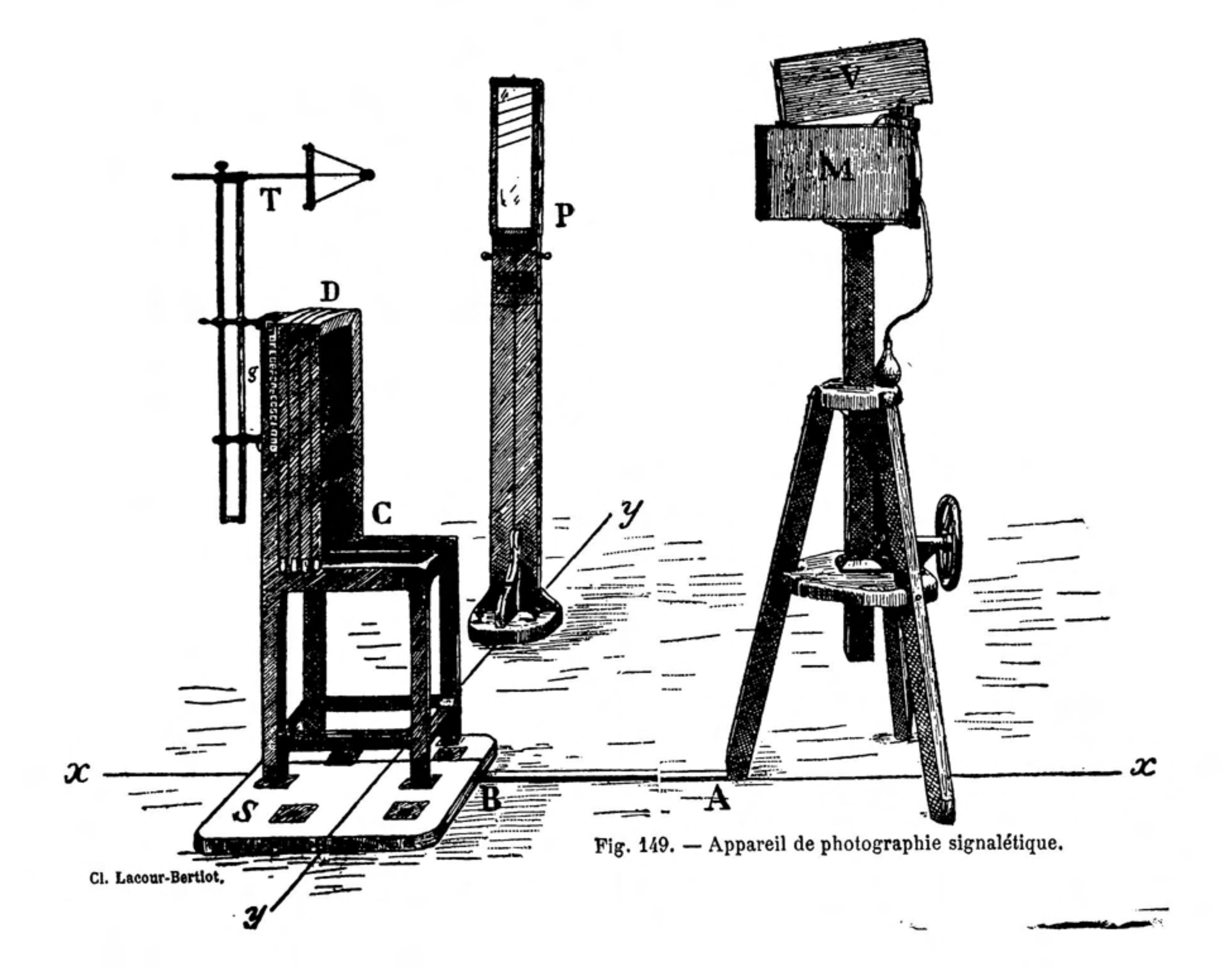


Fig. 149. — Appareil de photographie signalétique.

dessinées avec précision, déduire les dimensions réelles des objets qui s'y trouvent représentés; puis, avec ces données, construire la projection des objets sur un plan quelconque; en particulier, dresser la carte d'un pays, le plan et l'élévation d'un édifice, en se servant uniquement de vues perspectives, prises dans des conditions exactement déterminées.

Les premiers essais de Laussedat remontent à 1844. Les images dont il se servait à cette époque étaient dessinées à main levée, et ce n'est qu'en 1852 qu'il commença à utiliser des épreuves photographiques. Il reconnut alors que le matériel photographique ordinaire était insuffisant pour déterminer avec une précision rigoureuse les éléments de la reconstitution géométrique, et, en 1859, il fit construire par Brunner le premier *photothéodolite*, c'est-à-dire la première chambre noire munie des organes essentiels propres aux instruments topographiques de précision.

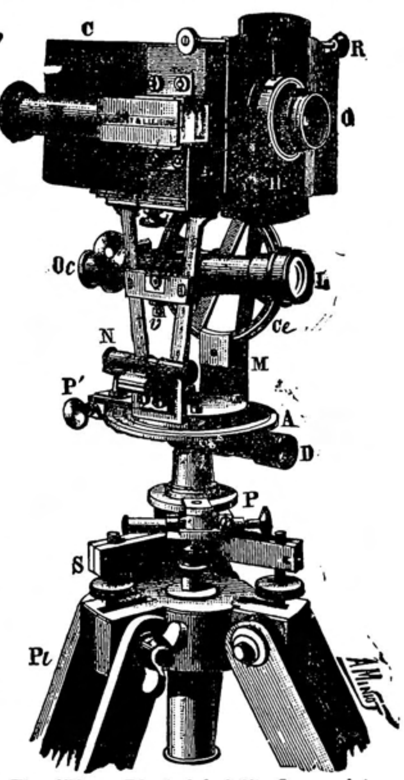
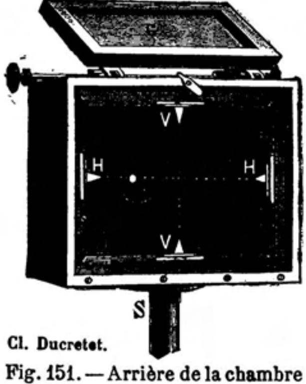


Fig. 150. — Photothéodolite Laussedat.

L'appareil primitif a reçu divers perfectionnements, et la fig. 150 en montre le modèle actuel, construit par M. Ducretet. La chambre noire C, en métal et de forme rigide, reçoit des plaques ou des pellicules. L'objectif O, un anastigmat grand angulaire de Zeiss, est monté sur une planchette H mobile dans le sens vertical et coulissant sur le panneau antérieur fixe E. Le viseur est constitué par la lunette V.

L'appareil est monté sur cercle horizontal et vertical (éclimètre) avec lunettes de visée LD et niveau à bulle d'air N. La fig. 151 représente l'arrière de la chambre, où quatre lames triangulaires V, H projettent sur la surface sensible des ombres qui servent à repérer les images. G est le verre dépoli de mise au point, serti dans un cadre à charnières.



Cl. Ducretet.

Fig. 151. — Arrière de la chambre photogrammétrique.

Le procédé Laussedat consiste essentiellement à mesurer une base aux deux extrémités de laquelle on photographie les vues d'un même terrain. On reconnaît alors, on *identifie* les mêmes points sur ces vues rabattues et convenablement orientées sur une feuille de papier à dessiner, orientation résultant d'une seule mesure d'angle, à chacune des stations, et l'on détermine la position des différents points sur le plan à l'intersection des rayons visuels allant des deux stations aux points considérés, tracés sur le papier en projection horizontale. Enfin, la *ligne d'horizon,* que l'on a des moyens très simples d'obtenir sur chacune des vues (elle peut même apparaître spontanément sur les photographies), permet, en y projetant les différents points, de calculer leurs différences de niveau avec l'une ou l'autre des stations, ou avec toutes les deux, pour avoir une vérification.

La fig. 152 reproduit une des premières expériences de Laussedat, en avant de l'un des fronts du fort de Vincennes. Cette expérience, devenue classique, donne une idée très nette de la transformation des vues de paysages en plans.

La méthode imaginée par Laussedat a reçu le nom de *métrophotographie;* cependant en Allemagne elle est désignée sous le nom de *photogrammétrie,* et les épreuves obtenues à l'aide des photothéodolites sont qualifiées de *photogrammes.*

La métrophotographie des monuments d'architecture ou des travaux d'art ne présente aucune difficulté. Il suffit de connaître la distance focale de l'objectif qui a servi à photographier l'édifice,

c'est-à-dire la distance du point de vue au tableau, et d'avoir la ligne d'horizon tracée sur ce tableau. Et même ces deux éléments peuvent souvent être trouvés sur des épreuves de provenance

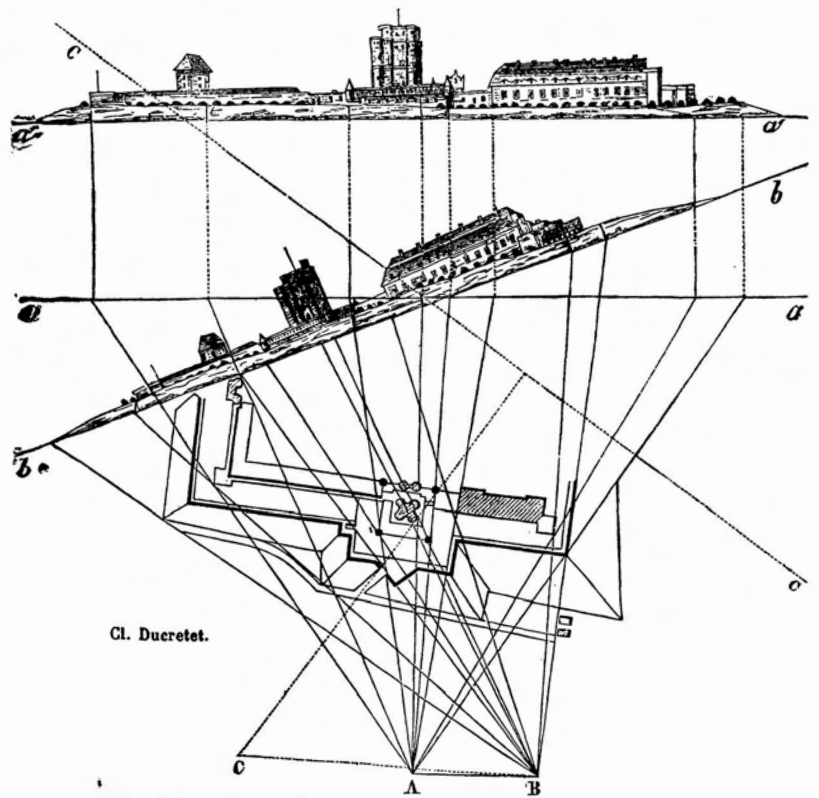


Fig. 152. — Lever photogrammétrique du château de Vincennes.

inconnue. On n'a alors qu'à disposer convenablement l'image sur une feuille de dessin sur laquelle on rapporte la projection horizontale du point de vue, et la restitution du plan et des élévations des façades apparentes de l'édifice répond au problème inverse de la perspective.

La métrophotographie des paysages, qui a pour objet la construction des plans topographiques et le nivellement, est plus compliquée. Quand il s'agit de monuments, on se trouve en présence de formes géométriques bien définies, terminées le plus souvent par des lignes droites dont les perspectives suivent des règles très simples; mais les accidents du sol ont des formes tout à fait irrégulières, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'il est possible de s'en tenir aux règles simples de la perspective linéaire. Une vue isolée est presque toujours insuffisante; il en faut ordinairement deux, au moins, prises de deux points différents. En combinant les deux images, on parvient alors à tracer sur un plan, d'abord les positions relatives de points remarquables du terrain pris comme repères, puis peu à peu autour d'eux les maisons, les routes, les cours d'eau, les divisions de culture, etc., en un mot tous les détails de la *planimétrie*. La mesure des hauteurs apparentes des différents points permet ensuite d'effectuer le *nivellement*.

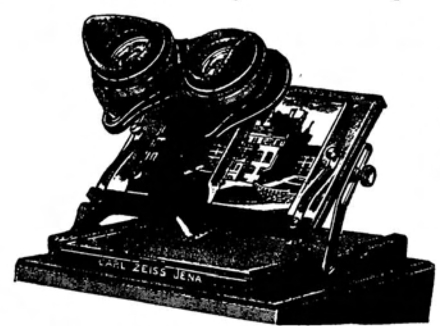


Fig. 153. — Verant-stéréoscope Zeiss.

Lorsqu'il s'agit d'exécuter un lever d'une assez grande étendue ou de poursuivre une reconnaissance d'itinéraire, une base unique avec une vue à chaque extrémité ne suffit plus. On procède alors par triangulations, comme le font tous les topographes, en se servant du théodolite ou de la boussole. La précision de plus en plus parfaite des images permet actuellement de réduire la grandeur des bases à la distance qui sépare les deux objectifs d'un appareil stéréoscopique.

L'emploi de stéréoscopes de précision simplifie singulièrement la métrophotographie, en la soulageant de la plupart des opérations géométriques. Au fond, il s'agit toujours d'intersection de rayons visuels, mais la faible base sur laquelle on opère rapproche cette nouvelle méthode de celle des parallaxes, dont les astronomes font usage pour déterminer la distance des astres.

Le *stéréo-comparateur* de Pulfrich est combiné de manière à établir les plans topographiques à l'aide de couples exécutés soit au moyen de l'appareil stéréoscopique, soit à l'aide du photothéodolite placé successivement en deux stations différentes dont la distance est exactement mesurée. Cet instrument, de haute précision, est assez compliqué, et le principe en sera plus facilement compris en supposant le *stéréo-micromètre* de Zeiss (fig. 154) placé sur des épreuves stéréoscopiques. La pointe m_1 étant amenée en regard de l'objet dont on veut connaître la distance, on fait mouvoir la vis

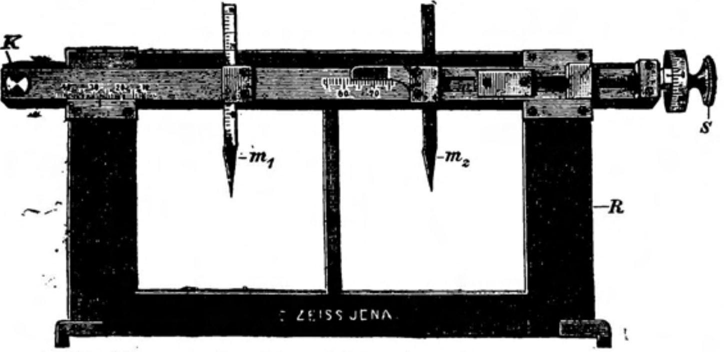
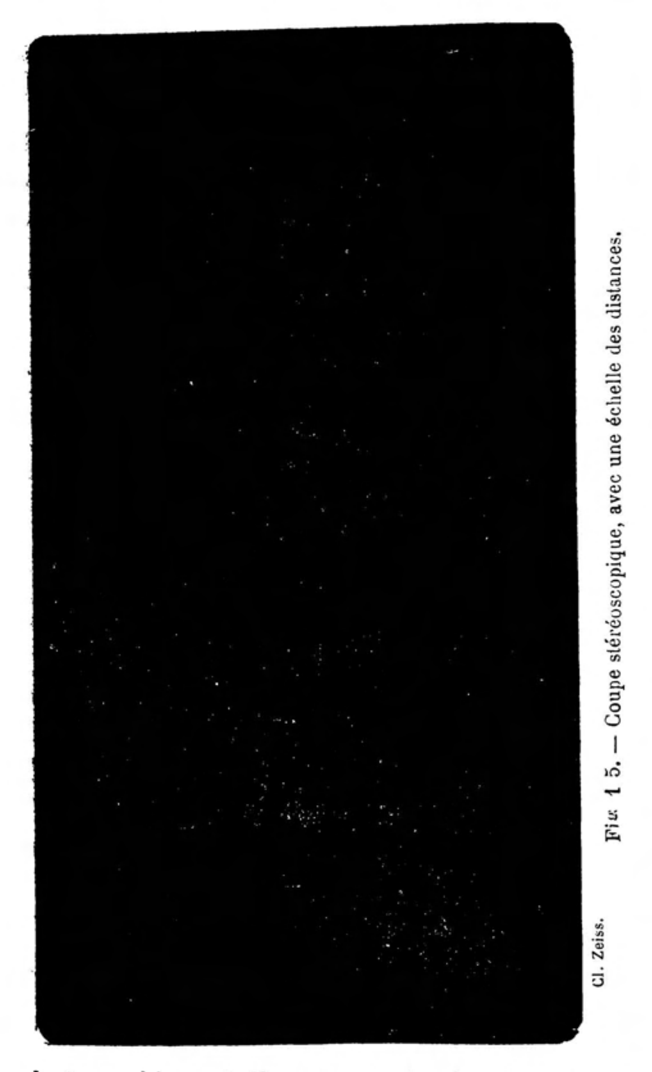


Fig. 154. — Stéréo-micromètre.

micrométrique S, jusqu'à ce que la pointe m_2 se trouve exactement sur le même objet, dans l'épreuve de droite. Les graduations gravées sur la règle, ainsi que sur le vernier de la vis, font connaître la distance entre les deux pointes, d'où se déduit la distance réelle de l'objet. Le couple stéréoscopique reproduit fig. 155 fait clairement comprendre comment l'écartement des points homologues varie en fonction de l'éloignement des plans. En observant ce couple dans un stéréoscope, on verra l'échelle des distances s'étendre en profondeur, planer au-dessus du paysage, dont il sera dès lors facile d'établir un plan coté. Nous n'indiquons, bien entendu, que très sommairement le principe de la méthode, dont l'application est, en fait, assez délicate et d'un caractère trop étroitement technique pour être exposée dans cet ouvrage avec tous les développements qu'exigerait l'enseignement de sa mise en pratique.



Cl. Zeiss.

Fig. 15. — Coupe stéréoscopique, avec une échelle des distances.

La photographie en ballon ou en aéroplane permet aussi de

prendre des vues à vol d'oiseau et d'effectuer des relevés de la plus grande importance au point de vue stratégique. Cette méthode sera surtout précieuse dans les pays de montagne, pour avoir une idée d'ensemble d'une contrée inexplorée ou peu connue.

Le commandant Moëssard a appliqué au lever des plans le *cylindrographe* (fig. 156). Cet appareil est une chambre noire en forme de demi-cylindre. Une pellicule placée dans un châssis souple en occupe toute la surface courbe. L'objectif est monté au centre, sur un axe vertical, de manière à impressionner successivement toute la surface sensible, utilisant ainsi un angle d'environ 170°. L'instrument est réglé de telle sorte que, malgré la rotation de l'objectif, l'image ne change ni de forme ni de position et reste toujours nette. Les épreuves obtenues dans ces conditions doivent être examinées dans un cadre demi-circulaire, à l'aide d'un oculaire fixé au centre de la courbure, qui permet de reconstituer la perspective exacte.

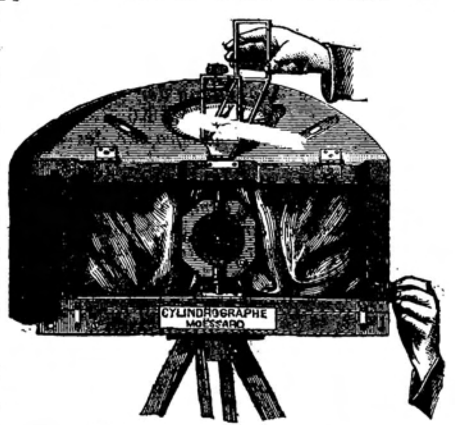


Fig. 156. — Cylindrographe.

Le cylindrographe est également appliqué à l'exécution d'épreuves panoramiques pittoresques, représentant de vastes étendues : vues générales de villes, rades, champs de course, etc. Ces épreuves, montées sur carton et examinées à plat, ne donnent évidemment qu'une reproduction inexacte de la réalité, mais l'aspect n'en est pas choquant, excepté dans le cas où la vue comporte de longues lignes dont la déformation est manifeste : c'est ainsi qu'une jetée, un grand navire, une large façade, paraîtront fortement courbés.

OUVRAGES A CONSULTER

BEAUTEMPS-BEAUPRÉ, *Méthode pour la levée et la construction des cartes et plans hydrographiques*, Paris (Imprimerie impériale), 1811.

A. BERTILLON, *la Photographie judiciaire*, Paris (Gauthier-Villars), 1890.

L. CAZES, *Stéréoscopie de précision théorique et pratique*, Paris (Ph. Pellin), 1895.

A. COURRÈGES, *Reproduction des gravures, dessins, plans, manuscrits*, Paris (Gauthier-Villars), 1900.

E. DOLEZAL, *Die Anwendung der Photographie in der praktischen Messkunst*, Halle a/S. (W. Knapp), 1896.

A.-L. DONNADIEU, *la Photographie des objets immergés*, Paris (Ch. Mendel), 1902.

A. LAUSSEDAT, *La Métrophotographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.

E. CROUZET, *Etude sur l'emploi des perspectives et de la photographie dans l'art des levers de terrain*, Paris (Berger-Levrault et Cie), 1902.

G. LE BON, *les Levers photographiques et la Photographie en voyage*, 2 vol., Paris (Gauthier-Villars), 1889.

P. MOËSSARD, *le Cylindrographe*, 2 vol., Paris (Gauthier-Villars), 1899.

R.-R. REISS, *la Photographie judiciaire*, Paris (Ch. Mendel), 1911.

F. SCHIFFNER, *Die photographische Messkunst oder Photogrammetrie*, Halle a/S. (W. Knapp).

H. ET J. VALLOT, *Application de la photographie aux levés topographiques en haute montagne*, Paris (Gauthier-Villars), 1907.

A.-H. CARLIER, *la Photographie aérienne*, Paris (Librairie Delagrave), 1921.

CHAPITRE XXIII

AGRANDISSEMENTS ET PROJECTIONS

Généralités. — Il est rare que l'on exécute directement de très grands clichés. Certaines chambres noires d'atelier permettent bien d'aller jusqu'au format de 1 mètre carré, et même au delà, et l'on en a vu, dans certaines expositions, des spécimens d'une rare perfection. Cependant ce sont là des résultats exceptionnels. Il est trop difficile d'obtenir à la chambre noire un immense cliché sans défaut. Aussi préfère-t-on, dans la plupart des cas, ne pas dépasser le format 30 × 40. Au-dessus de cette dimension, on commence presque toujours par exécuter un petit cliché, 9 × 12 par exemple, dont on se sert pour tirer des épreuves amplifiées. Toutefois, lorsqu'il s'agit d'exécuter plusieurs grandes épreuves, il est préférable d'obtenir d'abord un grand négatif, soit sur verre, soit sur papier, le grain du support n'ayant généralement aucun inconvénient dans les grands formats.

Ce négatif peut être exécuté à la chambre noire; mais, si l'amplification est très forte, il faut un appareil énorme, le plan focal se trouvant reculé très loin de l'objectif. On préfère alors utiliser une des dispositions décrites plus loin.

S'il s'agit d'exécuter une reproduction agrandie d'une épreuve montée sur carton (le cas se présente souvent pour les portraits), il faut d'abord en tirer, à la chambre noire, un petit négatif qui servira ensuite à obtenir la grande épreuve positive.

Agrandissements à la lumière diurne. — Pour utiliser la lumière diffuse, la paroi d'une chambre obscure est percée d'une ouverture contre laquelle est placé le cliché à reproduire. Un objectif projette l'image amplifiée du cliché sur un écran porté par un chevalet muni de galets roulant sur rails. La mise au point étant réglée, on place sur l'écran une feuille de papier sensible. Si l'on veut tirer un portrait en vignette, on interpose un dégradateur.

Ce dispositif s'applique aux papiers rapides, au gélatinobromure. Pour les procédés plus lents, papier albuminé ou papier au charbon, on utilisait jadis la lumière solaire, que l'on dirigeait dans la chambre noire au moyen d'un réflecteur.

Aujourd'hui, ces combinaisons sont à peu près complètement abandonnées. Presque toujours, on a recours à la lumière artificielle, dont on peut disposer tous les jours, à toute heure, et dont on règle à volonté l'intensité.

Agrandissements à la lumière artificielle. — Les appareils d'agrandissements à la lumière artificielle sont construits à peu près de la même manière que les lanternes magiques, ainsi qu'on peut s'en rendre compte en jetant un coup d'œil sur la fig. 157. Une caisse en tôle noircie contient une lampe à pétrole, dont la lumière est concentrée, par un réflecteur concave et par une grande lentille ou *condensateur*, sur le cliché placé derrière l'objectif. La lanterne est construite de manière à ne laisser filtrer aucune lumière susceptible de voiler le papier sensible exposé au foyer de l'objectif. L'air nécessaire à la combustion de la lampe pénètre dans la caisse par un système de chicanes et en sort par la cheminée, également à chicanes. L'espace qui sépare l'objectif du cliché est fermé par un soufflet.

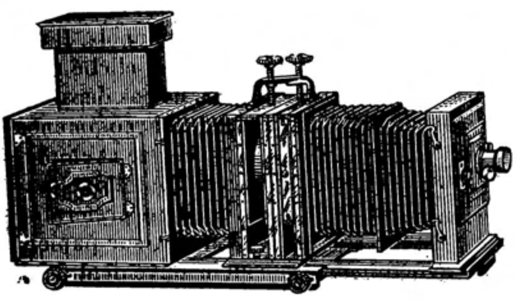


Fig. 157. — Lanterne d'agrandissement.

L'écran sur lequel est projetée l'image amplifiée est monté sur un cadre où l'on fixe le papier sensible. Un volet le protège de la lumière avant et après la pose.

La lampe à pétrole suffit généralement pour les agrandissements au gélatinobromure, mais, pour les papiers lents, il faut un éclairage plus intense, lumière électrique ou lumière oxhydrique.

Agrandisseurs. — On désigne sous ce nom de petits appareils d'agrandissement très simples, particulièrement commodes pour

les amateurs qui n'emportent dans leurs excursions que des chambres noires de format très exigu et tirent ensuite de leurs clichés des épreuves amplifiées seulement deux ou trois fois.

L'agrandisseur représenté fig. 158 est une boîte dont l'un des côtés reçoit le petit cliché, et le côté opposé le châssis contenant le papier sensible. L'objectif est fixé à demeure entre le cliché et l'épreuve, et à une distance telle des deux surfaces que l'image du premier se dessine nettement sur la seconde avec l'amplification voulue. Devant le cliché sont disposés un verre dépoli diffusant l'éclairage et un volet servant d'obturateur.

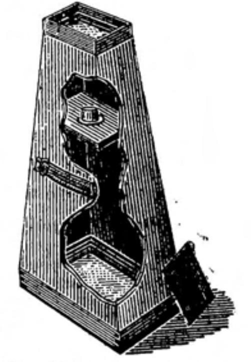


Fig. 158. — Agrandisseur.

On se sert de cet appareil comme d'un châssis-presse. On y place le papier sensible, dans le laboratoire, puis on le porte au jour ou devant une lampe électrique, on ouvre le volet, puis, l'exposition terminée, on le reporte dans le laboratoire, pour en extraire le papier impressionné.

Artifices d'exécution. — Lorsqu'on exécute un agrandissement sur papier à image latente (gélatinobromure ou charbon), il est prudent de faire un essai préalable en impressionnant sur l'écran un petit morceau de papier sensible que l'on développe ensuite ou que l'on dépouille, afin de vérifier si le temps de pose a été bien calculé. Il est quelquefois nécessaire de renouveler plusieurs fois cet essai, en rectifiant chaque fois la durée d'exposition. Ce n'est que lorsqu'on est sûr de réussir que l'on expose la grande feuille de papier sensible.

M. José a proposé, en 1894, un procédé très original, qui évite toute incertitude dans l'évaluation du temps de pose des papiers au gélatinobromure. Avant de démasquer l'objectif, on mouille la couche sensible avec un révélateur à l'hydroquinone ou à l'iconogène additionné de glycérine. On voit alors venir l'image, absolument comme sur un papier à noircissement direct, et on arrête l'exposition au moment opportun. Comme les noirs du phototype, projetés sur les parties claires de l'épreuve, empêchent de bien juger de son intensité, il faut de temps en temps placer devant l'ob-

jectif un verre jaune dépoli. L'épreuve se trouve alors éclairée par une lumière diffuse inactinique, et l'on reconnaît facilement si l'impression est suffisante ou s'il convient de la continuer. Un développement complémentaire est généralement inutile, mais peut quelquefois servir à modifier les caractères de l'image : dans ce dernier cas, il faut avoir soin d'interrompre l'exposition de l'épreuve avant qu'elle ait acquis toute son intensité.

L'amateur possède rarement des cuvettes assez grandes pour développer et fixer les épreuves fortement amplifiées. Il est facile de construire une grande cuvette, en collant des bandes de carton autour d'une planchette et en rendant le tout imperméable en y passant un pinceau enduit d'un vernis gras ou de paraffine en fusion. Mais on peut aussi opérer sans cuvette, en posant l'épreuve sur une planche bien propre ou sur une vitre, et y passant le révélateur à l'aide d'un large pinceau ou d'une éponge douce. Le développement achevé, on lave à grande eau sous un robinet, et l'on passe le fixateur également au pinceau ou à l'éponge.

Retouche des agrandissements. — Les images modérément amplifiées n'exigent pas, en général, de retouche proprement dite. Si le cliché a déjà été retouché, ou s'il est sans défaut, il suffira de *repiquer* l'épreuve, comme après un tirage par contact. Mais les grandes épreuves exécutées d'après de très petits clichés nécessitent d'ordinaire une retouche complète. Le moindre défaut imperceptible sur le phototype s'exagère à l'agrandissement, et, même si le cliché est sans défaut apparent, le grain du gélatinobromure se traduit sur l'épreuve agrandie par des lacunes qu'il est presque toujours nécessaire de combler et par des duretés qu'il convient d'adoucir. Aussi les portraits agrandis exigent-ils l'intervention du retoucheur.

La retouche s'exécute soit au crayon, soit au pinceau ordinaire, soit au pinceau à air. Le coloriage, s'il y a lieu, s'exécute comme nous l'avons vu à propos des petites photocopies.

Pour les agrandissements qui doivent être peints à l'huile, on trouve dans le commerce des toiles au gélatinobromure d'argent, beaucoup plus résistantes que les papiers et dont le mode d'emploi est exactement le même.

Les grandes images peuvent également être mises en couleur au

moyen du pastel. L'épreuve, clouée sur une planche à dessin, est d'abord frottée avec un tampon de laine enduit de poudre de pierre ponce, jusqu'à complète disparition de la couche gélatineuse. Après avoir soigneusement épousseté la surface, on étend les couleurs en poudre, soit du bout du doigt, soit à l'estompe, soit au blaireau, suivant l'étendue à couvrir et suivant l'effet à réaliser.

Projections. — L'art des projections est connu et pratiqué depuis longtemps (la lanterne magique est décrite par le P. Kircher vers 1660) mais il était resté rudimentaire et d'un usage très restreint, jusqu'à ce que la photographie lui eût donné son véritable essor.

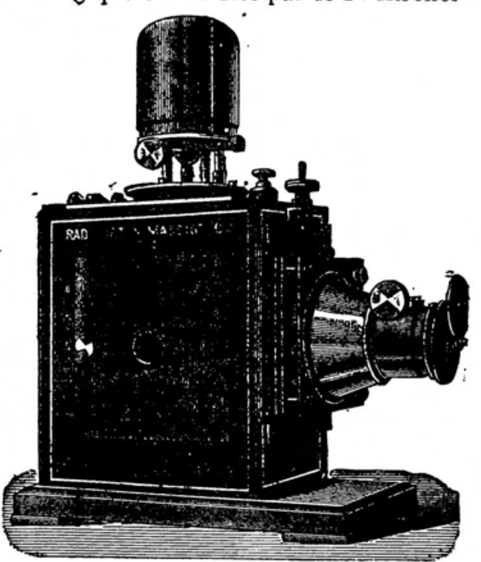


Fig. 159. — Lanterne à projections.

La projection est le meilleur moyen de mettre en valeur les diapositifs tirés de petits clichés. Ce n'est, en somme, qu'un *agrandissement temporaire,* et les lanternes de projection sont construites de la même manière que les lanternes d'agrandissement.

Pour obtenir de belles projections, il faut une source de lumière à la fois très intense et très blanche. Les lampes à manchons incandescents suffisent, à la rigueur, dans les locaux exigus où l'on se contente d'une amplification très restreinte; la lumière oxhyéthérique donne des effets plus brillants, mais rien ne vaut l'arc électrique. La fig. 160 représente une lampe électrique construite par M. L. Korsten. Les charbons sont disposés obliquement, de manière à utiliser le maximum de lumière. Le réglage du point lumineux est effectué à l'aide de

trois boutons qui permettent de hausser les charbons ensemble ou séparément et de les dévier à droite ou à gauche.

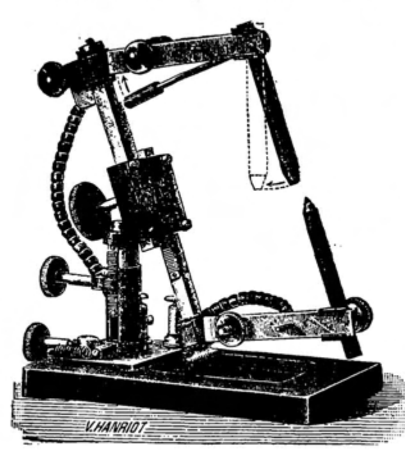


Fig. 160. — Lampe à arc pour projections.

Les diapositifs destinés à la projection sont généralement passés dans un cadre ou châssis à mouvement alternatif. Pendant qu'une plaque est en face de l'objectif qui en projette l'image, on en introduit une autre dans le cadre resté à l'extérieur. On pousse alors le châssis, la nouvelle image passe à la projection, pendant qu'on retire la première et qu'on la remplace par une autre (fig. 161).

Les projections peuvent être vues par transparence ou par réflexion. Dans le premier cas, l'écran est placé entre le projecteur et les spectateurs. L'écran transparent est généralement constitué par une pièce de toile que

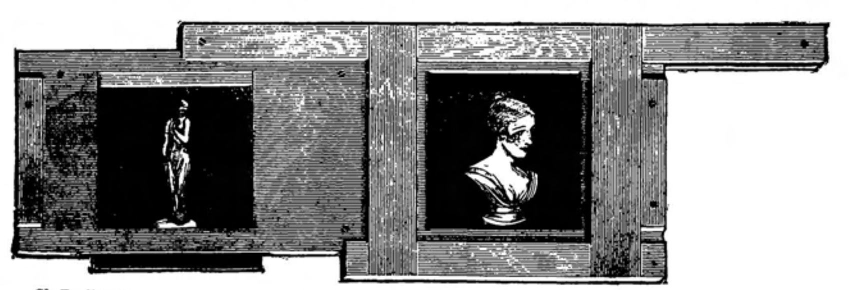

Cl. Radiguet.

Fig. 161. — Châssis passe-vues.

l'on mouille immédiatement avant la séance. Il existe aussi des écrans à la gélatine, spécialement préparés pour la projection par transparence.

Quand le projecteur est placé derrière les spectateurs, la projec-

tion se fait par réflexion sur un écran blanc, ordinairement en toile. Il faut, autant que possible, que l'écran soit opaque, car tout ce qui passe à travers est perdu pour le spectateur. Le mieux serait donc de projeter les images sur un mur blanchi. A défaut, on peut tendre sur un châssis une toile à tissu très serré que l'on enduit d'une forte couche de peinture à l'huile à base de blanc de zinc ou de blanc de céruse.

Ce qui est encore préférable, c'est l'écran métallique de Zeiss,

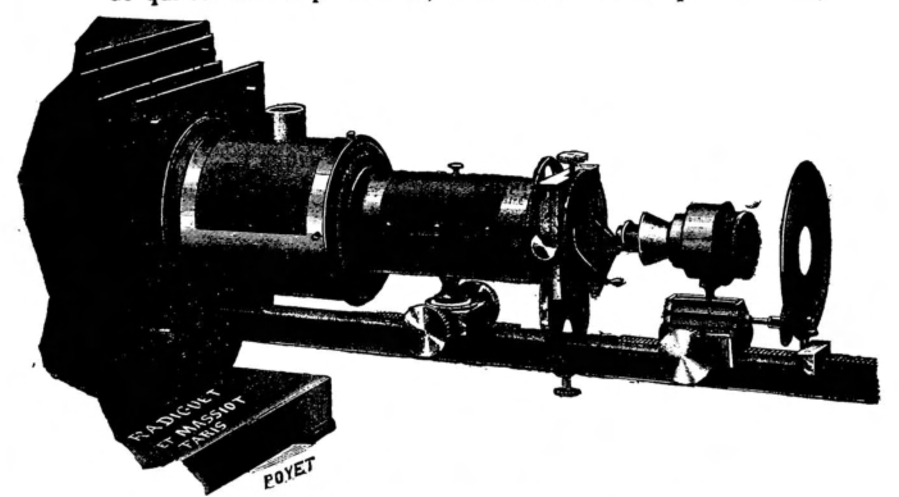


Fig. 162. — Appareil de projection pour images microscopiques.

constitué par une surface bien plane recouverte de poudre d'aluminium. Avec cet écran, la projection paraît environ dix fois plus brillante que sur une toile, mais seulement pour les spectateurs placés près de l'axe du faisceau lumineux : pour ceux qui en sont écartés de plus de 30°, la lumière est, au contraire, très diminuée. Ce mode de projection n'est donc réellement avantageux que dans les salles longues et relativement étroites.

Pour projeter les images microscopiques, on se sert d'instruments spéciaux, tels que celui que représente la fig. 162. Le diapositif est fixé au porte-objet par deux lames élastiques. L'objectif,

à très court foyer, est monté sur un chariot à crémaillère et vis micrométrique pour la mise au point. Comme le condensateur concentre sur l'image une grande quantité de radiations, il est nécessaire d'absorber une partie de la chaleur en interposant une cuve en verre à faces parallèles (fig. 163), que l'on remplit d'eau pure.

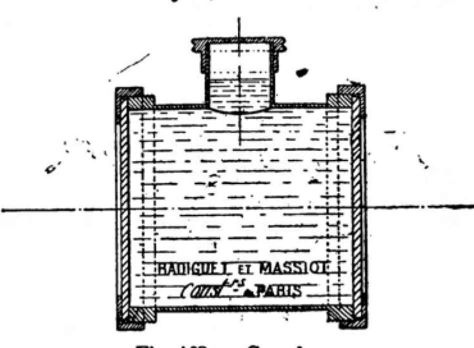


Fig. 163. — Cuve à eau.

Nous ne dirons rien ici des *projections animées,* dont l'étude fera l'objet de la plus grande partie du chapitre suivant.

OUVRAGES A CONSULTER

J. Bernard et L. Touchebœuf, *Petits Clichés et Grandes Épreuves,* Paris (Gauthier-Villars), 1894.

A. Courrèges, *les Agrandissements photographiques,* Paris (Gauthier-Villars), 1901.

H. Fourtier, *les Positifs sur verre,* 2e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1907.

H. Fourtier, *la Pratique des projections,* 2 vol., Paris (Gauthier-Villars), 1892-1893.

H. Fourtier et A. Molteni, *les Projections scientifiques,* Paris (Gauthier-Villars), 1894.

F. Guillon, *les Agrandissements,* Paris (Gauthier-Villars), 1901.

Klary, *les Portraits au crayon, au fusain et au pastel obtenus au moyen des agrandissements photographiques,* Paris (Gauthier-Villars), 1904.

E. Trutat, *Traité pratique des agrandissements photographiques, à l'usage des amateurs,* 2e édition, 2 vol., Paris (Gauthier-Villars), 1897-1900.

E. Trutat, *les Agrandissements sur papier à couches pigmentaires,* Paris (Ch. Mendel), 1909.

E. Trutat, *Traité général des projections,* Paris (Ch. Mendel), 2 vol.

E. Wallon, *les Agrandissements,* Paris (Gauthier-Villars), 1899.

CHAPITRE XXIV

LA CINÉMATOGRAPHIE

Analyse du mouvement. — Les premiers essais de *chronophotographie* (du grec χρόνος, temps, période) remontent à l'année 1878 et sont dus à Muybridge, de San-Francisco. Ces débuts furent très remarqués, malgré l'extrême complication de la méthode employée. Le sujet dont on voulait analyser les attitudes se déplaçait sur une piste le long de laquelle se trouvaient disposés, d'un côté un écran blanc exposé au soleil, et de l'autre une batterie de 30 chambres noires munies chacune d'un objectif à grande ouverture et d'un obturateur électrique. Chaque obturateur se trouvait déclanché par l'ouverture du circuit dont faisait partie un fil tendu en travers de la piste. A mesure que le sujet avançait en face des objectifs, les fils se brisaient successivement sur son passage, les obturateurs s'ouvraient au moment voulu et se refermaient aussitôt, de telle sorte qu'on obtenait une suite de clichés représentant les phases successives du mouvement à analyser. Sur chaque épreuve, le sujet se détachait en noir sur le fond blanc de l'écran. On avait donc, en réalité, non pas des images complètes, mais seulement des silhouettes figurant les différentes attitudes du coureur ou de l'animal soumis à l'expérience. Le matériel nécessaire à ces essais était encombrant et onéreux; en outre, l'emploi simultané de 30 plaques au collodion exigeait un nombreux personnel. Aussi les expériences de Muybridge coûtèrent-elles 300.000 francs.

Ces expériences furent reprises quelques années plus tard, avec le gélatinobromure, par le professeur Marey, dont les travaux sur l'analyse de la locomotion chez l'homme et chez les animaux sont restés célèbres.

Au début, Marey avait employé un appareil analogue au *revolver astronomique* imaginé par Janssen pour étudier le passage de

Vénus sur le soleil le 8 décembre 1874. Ce revolver imprimait sur plaque daguerrienne une série de 12 images représentant les phases successives du contact. Comme les images étaient prises à 70 secondes d'intervalle, l'expérience de Janssen n'a qu'un rapport lointain avec le sujet que nous traitons ici, et, si nous en faisons mention, c'est que Marey s'est inspiré de la disposition adoptée par l'astronome pour construire son *fusil photographique*. Un mécanisme à répétition permettait d'imprimer successivement 12 images sur une plaque sensible au gélatinobromure accomplissant un mouvement de rotation en 1 seconde. L'impression de chaque image durait 1/720 de seconde. Pour opérer à l'aide de cet instrument, on épaulait, on visait comme avec un fusil ordinaire, et l'on pressait la détente. L'inconvénient de cette combinaison était de limiter l'analyse à 12 images, d'ailleurs trop petites. Aussi fut-elle bientôt abandonnée et remplacée par la suivante.

L'appareil installé par Marey à la station physiologique du Parc aux Princes était constitué par une chambre noire montée sur un chariot à quatre roues pouvant se déplacer le long d'une petite voie ferrée perpendiculaire à la piste. L'obturateur placé devant l'objectif consistait en un grand disque percé d'une série de fenêtres équidistantes, auquel un poids assez lourd communiquait un mouvement de rotation rapide. La plaque sensible se trouvait ainsi exposée un grand nombre de fois. Pour éviter le voile général qui serait résulté de ce mode d'opérer, un fond rigoureusement noir faisait face à l'instrument. Ce fond était formé d'un large écran de velours noir protégé par un auvent qui le laissait complètement dans l'ombre, tandis que la piste était vivement éclairée. Le sujet se détachait ainsi en blanc sur fond noir. Une échelle métrique, alternativement blanche et noire, fixée au sol, indiquait les distances parcourues; et comme, d'autre part, la vitesse du disque obturateur était exactement déterminée, il était facile de connaître le temps pendant lequel un espace donné avait été franchi, ainsi que la durée de tel ou tel mouvement. Le sujet qui se déplaçait le long de la piste était ainsi photographié un grand nombre de fois, sur la même plaque, en ses diverses attitudes. Pour les mouvements lents, dans le but d'éviter la superposition et la confusion des images, le sujet était revêtu de noir, à l'exception de quelques

lignes blanches ou même seulement de quelques boutons brillants correspondant aux principales articulations et qui, impressionnant seuls la plaque, suffisaient pour marquer l'aspect général de chaque attitude.

Cette méthode n'est évidemment applicable qu'aux sujets qui se déplacent dans une direction perpendiculaire à l'axe optique. Pour les sujets qui s'approchent de l'objectif ou qui s'en éloignent, la décomposition de leur mouvement doit être enregistrée sur des plaques rapidement substituées l'une à l'autre, et le problème n'a été complètement résolu que par les appareils cinématographiques qui seront décrits plus loin.

Synthèse du mouvement. — Des jouets d'enfants avaient déjà permis de donner l'illusion du mouvement à l'aide d'images dessinées sans le secours de la photographie. Au début du dix-neuvième siècle, le physicien belge Plateau avait imaginé le *phénakisticope*, composé de deux disques de carton fixés aux extrémités d'un axe horizontal. L'un des disques était noir et percé d'un certain nombre de fentes étroites. En regard de chacune de ces fentes, le second disque montrait une image représentant l'une des phases d'un mouvement. Ce couple de disques tournant rapidement, l'œil placé devant les fentes avait l'illusion d'un mouvement réel.

Le *zootrope* est formé d'un cylindre ouvert à sa partie supérieure et posé sur un pivot vertical. Une bande de papier, sur laquelle sont dessinées 12 attitudes différentes d'un sujet, est placée à l'intérieur du cylindre, dont elle n'occupe que la moitié de la hauteur. L'autre moitié est percée de 12 fentes verticales. On imprime au cylindre un mouvement de rotation rapide, et l'on regarde l'intérieur à travers les fentes. On voit alors le sujet s'animer et exécuter certains gestes ou certains mouvements : ce sera, par exemple, un acrobate exécutant des sauts périlleux, un enfant jouant au ballon, des valseurs tournoyant, etc.

Le *praxinoscope* consiste également en un cylindre tournant, mais sa hauteur est réduite à celle des images. Celles-ci se reflètent dans des miroirs disposés au centre de l'appareil, en nombre égal à celui des images. En dirigeant le regard vers les miroirs, le spectateur voit s'animer le sujet représenté sur la bande de papier.

Les dimensions de ces appareils ne permettent pas de reproduire

des scènes bien variées. Les images représentent un mouvement décomposé en 12 phases au plus, qui reviennent, toujours les mêmes, à chaque tour.

Muybridge, qui avait inauguré la chronophotographie, fut aussi l'initiateur de la projection animée. En 1882, il réalisait pour la première fois la reconstitution du mouvement analysé par la photographie. Il mettait bout à bout les instantanés d'une course de cheval saisie par ses 30 appareils, et les projetait à travers une sorte de phénakisticope. Dans des séances publiques données chez le peintre Meissonier et à l'École des beaux-arts, on avait ainsi vu courir sur l'écran des silhouettes d'hommes et d'animaux.

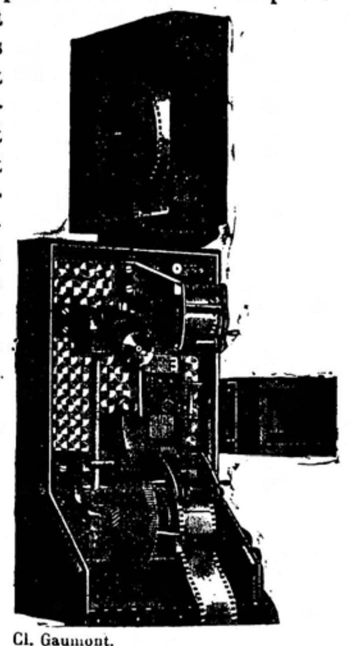
Peu après, Anschutz, de Lissa, construisait, avec l'aide de la maison Siemens, des zootropes photographiques dans lesquels chaque image était éclairée seulement pendant un instant extrêmement court, lorsqu'elle passait dans le champ visuel. Cet éclairage intermittent était produit par la décharge électrique traversant un tube de Geissler.

M. Demeny, collaborateur de Marey, disposait autour d'un disque 24 images chronophotographiques et les faisait successivement passer devant un objectif.

En 1892, Edison construisait le *kinétographe* (de κινητός, mû). C'était une chambre noire à l'intérieur de laquelle une longue pellicule sensible se déroulait au foyer d'un objectif périodiquement démasqué par un obturateur très rapide. La pellicule développée et fixée servait à obtenir une suite de petits diapositifs également disposés le long d'un ruban transparent. Ces photocopies reconstituaient la scène que l'on avait photographiée, lorsqu'on les faisait passer derrière un oculaire périodiquement découvert par un obturateur. L'instrument destiné à cette reconstitution du mouvement portait le nom de *kinétoscope*. La pellicule positive s'y déroulant d'un mouvement continu, il fallait, pour que son déplacement ne fût pas sensible à l'observateur, que la durée de visibilité restât extrêmement courte, environ 1/7000 de seconde. Dans ces conditions, pour que les images parussent se succéder sans interruption, il fallait en faire passer un grand nombre, au moins 30 par seconde.

Cet inconvénient a été évité en donnant à la pellicule un mouvement saccadé et en ne la démasquant que lorsqu'elle est immobi-

lisée. Il suffit alors, pour procurer une sensation lumineuse continue, grâce à la persistance des impressions rétiniennes, de faire passer 15 images par seconde. Cette combinaison avait été utilisée d'abord par Marey et Demeny. « Je me servis, écrit le premier[1], des bandes ou pellicules transparentes sur lesquelles j'avais obtenu l'analyse du mouvement; je les fis passer dans un chronophotographe projecteur où elles étaient entraînées par des rouleaux, mais où certains organes les arrêtaient assez longtemps pour qu'elles reçussent, par derrière, un éclairement suffisant. » En 1894, M. Gaumont construisait, sous les noms de *biographe* et de *bioscope,* l'un pour l'analyse, l'autre pour la synthèse du mouvement, les appareils imaginés par M. Demeny. Le biographe exécutait une suite continue de 80 images et même davantage, avec une vitesse de 8 à 20 images par seconde, et le bioscope reconstituait la scène photographiée, en montrant successivement toutes ces images.



Cl. Gaumont.

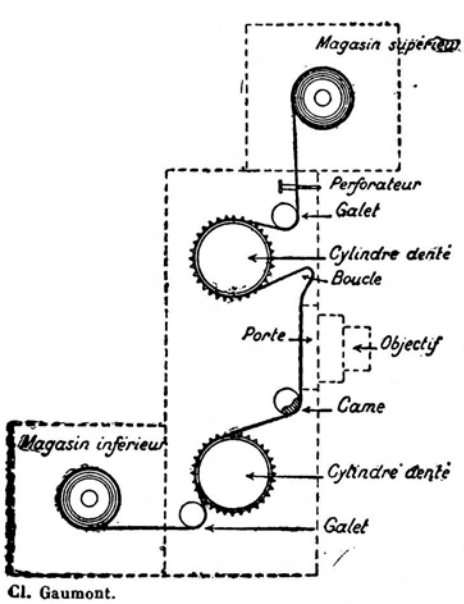
Fig. 164. — Chrono négatif Gaumont pour la prise des vues cinématographiques.

L'année suivante, MM. Lumière montraient les premières projections animées, obtenues à l'aide de leur *cinématographe* (de κίνημα, mouvement). Dans cet appareil, chaque période, correspondant à la prise ou à la vue d'une image, a une durée de 1/15 de seconde. La pellicule reste immobile pendant 2/45 de seconde et emploie à se déplacer le dernier 1/45. Pendant sa phase d'immobilité, l'objectif est ouvert; pendant sa phase de déplacement, la lumière est au contraire interceptée par un secteur plein qui tourne devant l'objectif.

1. Marey, *la Chronophotographie*, p. 25.

Le cinématographe, rapidement perfectionné, a obtenu dès ses débuts un succès qui n'a fait que s'accroître, si bien qu'il constitue actuellement le plus en vogue de tous les spectacles.

Prise des vues cinématographiques. — Les fig. 164 et 165 représentent le *chrono négatif* construit par M. Gaumont pour la prise des vues cinématographiques. La pellicule sensible à impressionner est enroulée sur une bobine enfermée dans une boîte-magasin surmontant la chambre noire. La pellicule est une bande dont la longueur atteint jusqu'à 100 mètres; de chaque côté de ce ruban, des perforations régulièrement espacées viennent s'adapter à des cylindres dentés reliés à une manivelle, de manière à assurer l'entraînement régulier de la couche sensible. L'objectif, de grande luminosité, est un anastigmat de 52 millimètres de foyer. Un obturateur, constitué par deux secteurs opaques se recouvrant, laisse périodiquement pénétrer la lumière, pendant que la pellicule est momentanément arrêtée. La surface impressionnée passe ensuite sur une seconde bobine, dans la boîte-magasin qui se trouve placée à la partie inférieure arrière de l'appareil. Au-dessus de la manivelle, un viseur, constitué par une véritable chambre noire, reproduit exactement et très clairement l'image que l'on cinématographie.



Cl. Gaumont.

Fig. 165. — Schéma du chrono négatif.

L'appareil étant placé bien de niveau sur un pied à trois branches, on règle la mise au point, suivant la distance du sujet principal. Comme le foyer de l'objectif est très court, toutes les images

sont nettes à partir de 5 mètres. On règle aussi la vitesse de l obturateur, qui peut donner des poses variant de 1/64 à 1/512 de seconde, suivant la rapidité des mouvements à enregistrer. On saisit alors la manivelle de la main droite, et l'on tourne avec une vitesse de deux tours par seconde environ, dans le sens des aiguilles d'une montre et sans jamais revenir en arrière. La régularité du mouvement est nécessaire, mais elle s'acquiert rapidement. Le viseur permet de s'assurer constamment que le sujet à prendre est bien dans le champ de l'objectif, ce champ se trouvant reproduit en vraie grandeur sur la glace dépolie du viseur.

Développement et tirage. — La bande impressionnée est enroulée, couche en dessus, autour d'une planchette ou d'un cadre que l'on plonge dans une cuve assez grande contenant la quantité nécessaire de révélateur. M. J. Ducom indique la formule suivante comme la plus fréquemment appliquée au développement des bandes cinématographiques :

Eau	2.000 cc.
Métol	3 gr.
Hydroquinone	5 —
Sulfite de soude anhydre	60 —
Carbonate de potasse	40 —
Bromure de potassium	2 —

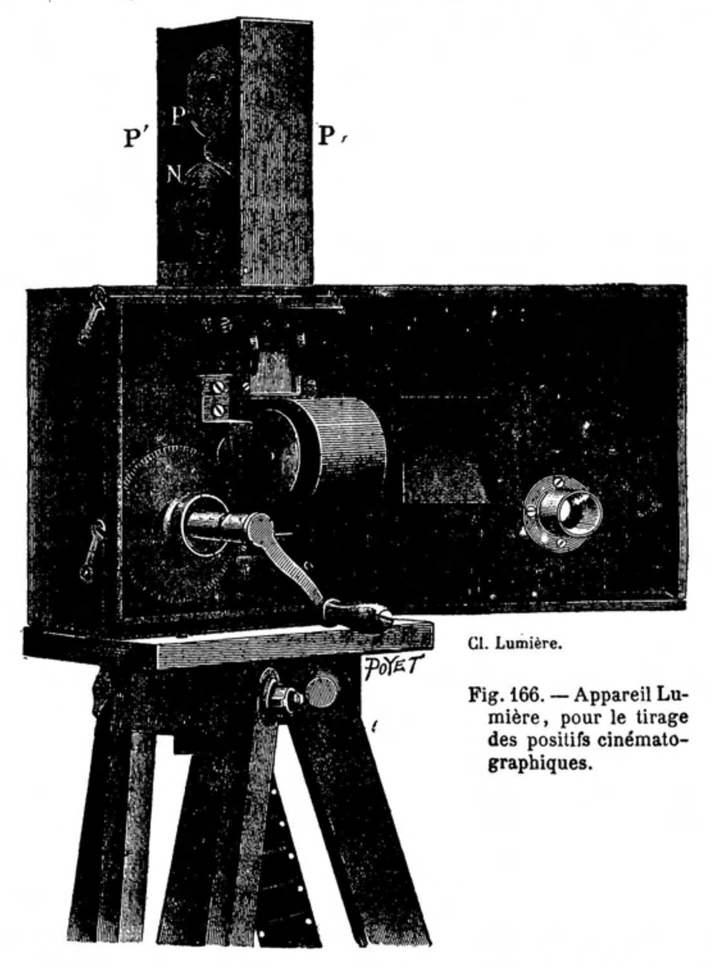
Ce bain est versé dans des cuves contenant environ 150 à 200 litres. On y développe successivement plusieurs séries de vues, en y ajoutant de temps en temps un peu de bain neuf. Quand les négatifs ont acquis l'intensité voulue, le cadre est retiré de la cuve, lavé à l'eau courante et immergé dans un grand récipient contenant une solution d'hyposulfite additionnée de bisulfite de soude.

La méthode adoptée pour le développement conduit souvent à des nég tifs ou trop durs ou trop faibles : on y remédie en affaiblissant la pellicule ou en la renforçant à l'aide des correctifs habituels.

Après lavage, la pellicule ne doit pas être mise directement à sécher, car elle s'enroulerait irrégulièrement et serait trop cassante. Il faut, au préalable, la passer dans :

Eau	15 litres.
Alcool à 95°	2 —
Glycérine	0.5 —

Pour la dessiccation, la pellicule est enroulée sur un barillet formé de baguettes en bois arrondies, la gélatine en dehors.

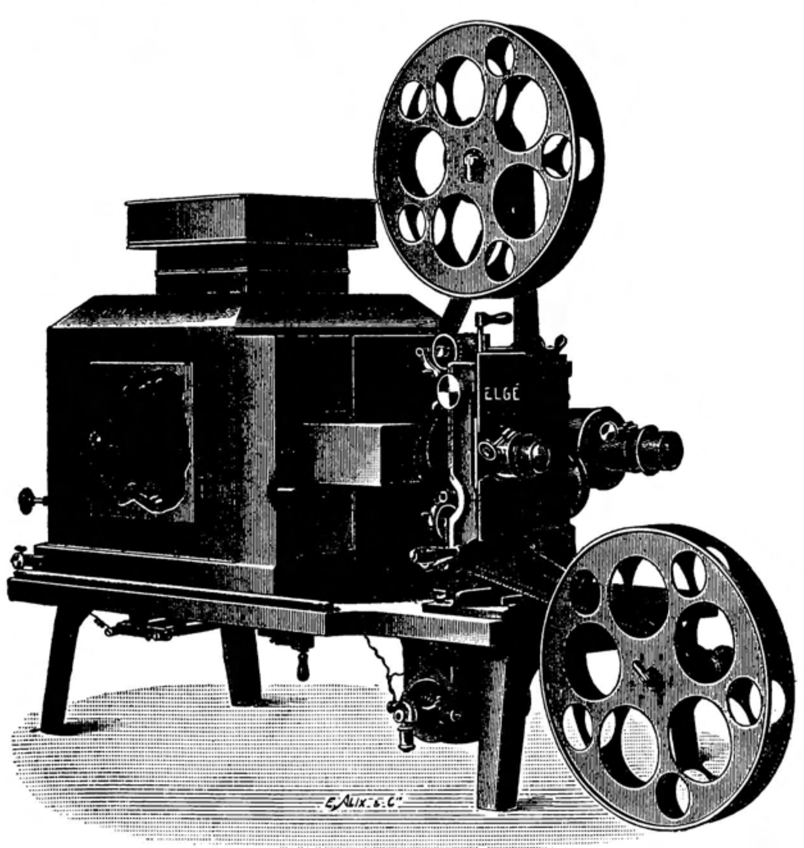


Cl. Lumière.

Fig. 166. — Appareil Lumière, pour le tirage des positifs cinématographiques.

La fig. 166 représente le cinématographe Lumière disposé pour le tirage des diapositifs. La boîte-châssis PP′ contient deux bobines

sur lesquelles sont enroulées la bande négative N et la bande non encore impressionnée P. En tournant la manivelle, on entraîne les



Cl. Gaumont.

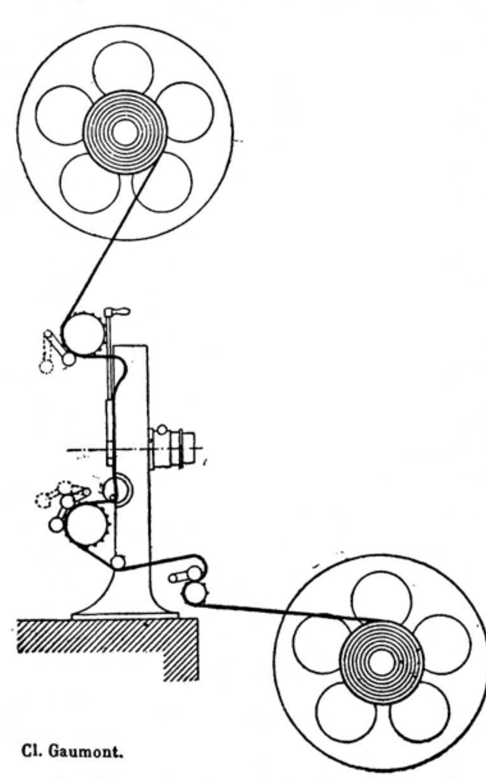
Fig. 167. — Poste de projection double.

deux pellicules, appliquées l'une contre l'autre, devant une ouverture par laquelle pénètre la lumière qui impressionne la pellicule positive à travers la pellicule négative.

Une fois imprimée, la pellicule positive est développée de la

même manière que la pellicule négative, dans le révélateur au métol-hydroquinone. On procède ensuite au fixage, au lavage et au glycérinage, comme il est dit plus haut.

Projection des vues cinématographiques. — Certains appareils destinés à la prise des vues cinématographiques peuvent également servir à les projeter : dans ce cas, la chambre noire est placée devant le condensateur d'une lanterne à projection; on ouvre le panneau qui empêchait l'accès de la lumière sur la pellicule sensible, on met en place la pellicule portant les images positives, et on règle la position de l'objectif, de manière à obtenir sur l'écran une projection aussi nette que possible. Il ne reste plus alors qu'à tourner la manivelle, pour reconstituer la scène cinématographiée. La pellicule positive est perforée de la même manière que la pellicule négative; ses perforations s'adaptent donc exactement aux griffes des galets d'entraînement, et le mouvement de progression est périodiquement arrêté pendant les instants très brefs où l'obturateur démasque l'objectif.



Cl. Gaumont.

Fig. 168. — Schéma du déroulement d'un *film* à la projection.

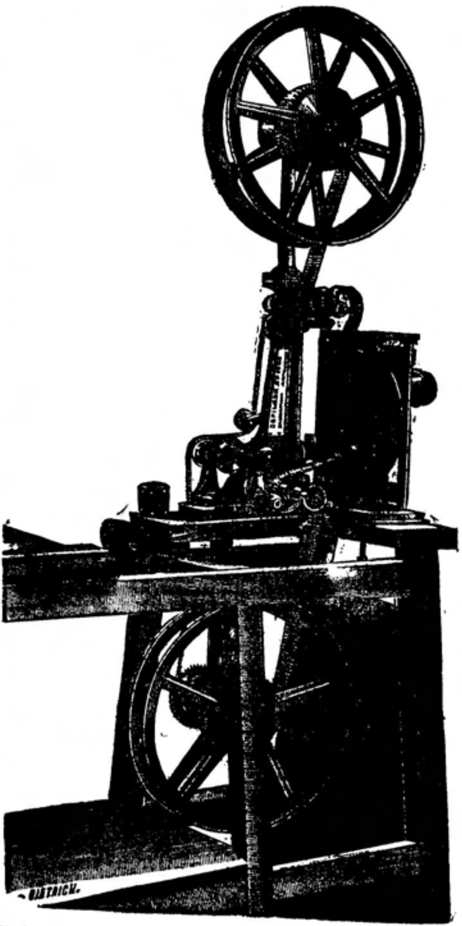
Cependant, dans la plupart des cas, la projection s'effectue à

l'aide d'appareils spécialement disposés dans ce but. L'obturateur est combiné de manière à fournir le maximum d'éclairement, tout en réduisant au minimum le scintillement résultant de la succession des images.

Le *film,* ou bande à projeter, est d'abord enroulé sur un rouet (fig. 167 et 168). L'extrémité correspondant au commencement de la scène à reproduire est engagée dans les galets d'entraînement et adaptée à l'axe d'un second rouet sur lequel la bande est enroulée au fur et à mesure de la projection des images qu'elle contient.

Les bandes de très grande longueur sont ordinairement déroulées à l'aide du *défileur* Carpentier-Lumière (fig. 169), dont les rouets peuvent recevoir plus de 400 mètres de pellicule.

Les risques d'incendie résultant de l'emploi du celluloïd à proximité d'une lampe de projection ont imposé des précautions assez rigoureuses. La préfecture de police de Paris et un grand nombre de villes exigent que les bobines contenant les films soient non point



Cl. Lumière.

Fig. 169. — Défileur Carpentier-Lumière.

placées dans les rouets évidés représentés sur les figures précédentes, mais bien enfermées dans des boîtes métalliques. La fig. 170 représente le *chrono* de projection Gaumont muni de *carters* pare-

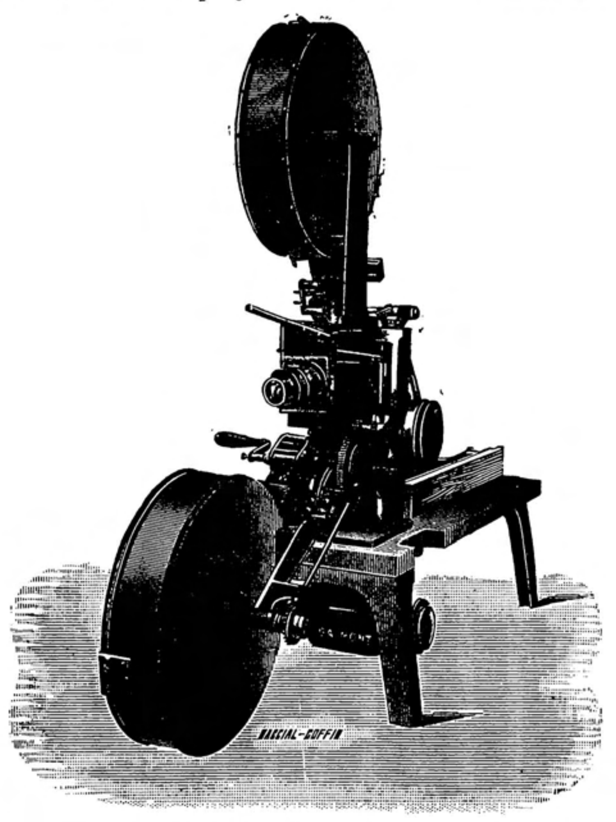


Fig. 170. — Chrono Gaumont avec pare-feu.

feu. En outre, les spectacles cinématographiques ne sont autorisés qu'à la condition expresse d'isoler de la salle l'appareil de projection, qui doit être enfermé dans une cabine à parois métalliques. La fig. 171 représente une cabine démontable, formée de panneaux

renforcés en tôle de fer nervée. Chaque panneau est numéroté, et l'assemblage s'effectue rapidement, au moyen de crochets inté-

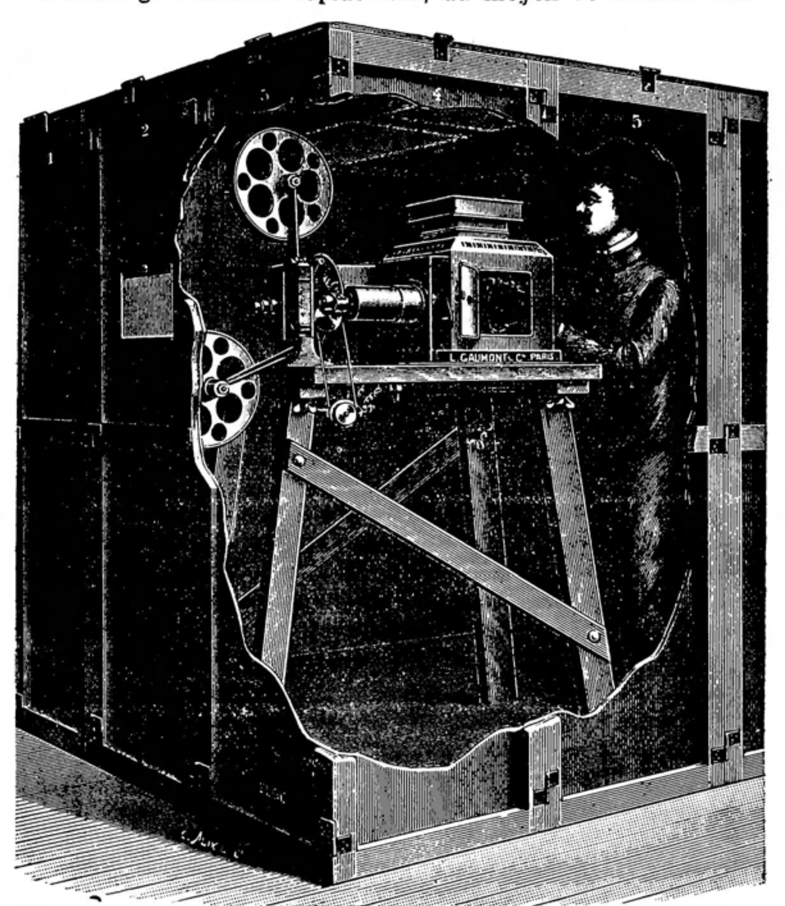


Fig. 171. — Cabine de projections cinématographiques

rieurs. Quoique très exigu, ce local est suffisamment aéré pour que l'opérateur n'y soit pas incommodé par la chaleur et les produits de la combustion du projecteur.

OUVRAGES A CONSULTER

J.-L. Breton, *la Chronophotographie*, Paris (L. Geisler).
R.-L. Donnadieu, *la Photographie animée*, Paris (Ch. Mendel).
J. Ducom, *le Cinématographe scientifique et industriel*, Paris (L. Geisler), 1911.
Marey, *la Chronophotographie*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.
E. Trutat, *la Photographie animée*, Paris (Gauthier-Villars), 1899.
K.-W. Wolf Czapek, *la Cinématographie*, 2e édition, Berlin (Deutsche Velagsgesellschaft), 1911.
E. Coustet, *Traité pratique de Cinématographie*, 2 vol., Paris (Ch. Mendel), 1914.
F.-A. Talbot, *Moving Pictures, how the are made and worked. Revised edition*, London (William Heinemann), 1912.
E. Coustet, *le Cinéma*, Paris (Librairie Hachette), 1921.

CHAPITRE XXV

LA MICROPHOTOGRAPHIE

Premiers essais. — Dès la découverte du daguerréotype, le Dr Donné et Léon Foucault l'appliquèrent à la reproduction amplifiée des objets microscopiques. La photographie fournit ainsi le moyen de fixer ces images fugitives que l'on aperçoit dans le microscope, jusqu'aux moindres détails qu'il est si difficile de dessiner avec exactitude. La plaque sensible n'est pas sujette aux mêmes illusions et aux mêmes défaillances que l'œil de l'observateur ; aussi l'épreuve microphotographique constitue-t-elle un témoignage irrécusable et présente un degré de certitude que nul ne saurait suspecter. Elle a d'ailleurs permis, ces temps derniers, de pousser l'analyse plus loin que notre organe visuel n'est capable de le faire, de révéler ainsi l'invisible et d'en fixer l'image.

L'appareil dont on se servait primitivement pour les reproductions microphotographiques n'était autre que le *microscope solaire,* appareil de projection fondé sur le même principe que la lanterne magique. La lumière solaire était concentrée par deux lentilles formant condensateur sur l'objet à reproduire, dont un objectif projetait sur un écran l'image très amplifiée. L'objectif était formé de lentilles très petites et de très court foyer, afin de réduire le plus possible la distance qui devait le séparer de l'écran. Après avoir mis au point, la plaque sensible était substituée à l'écran.

Actuellement, cette combinaison est rarement employée, et l'on se sert presque toujours de l'instrument que les physiciens désignent sous le nom de *microscope composé.*

Emploi du microscope composé. — Bien que cet appareil d'optique soit universellement connu, rappelons très brièvement qu'il est constitué par la combinaison de deux groupes de lentilles convergentes montés aux extrémités d'un tube métallique. Les lentilles

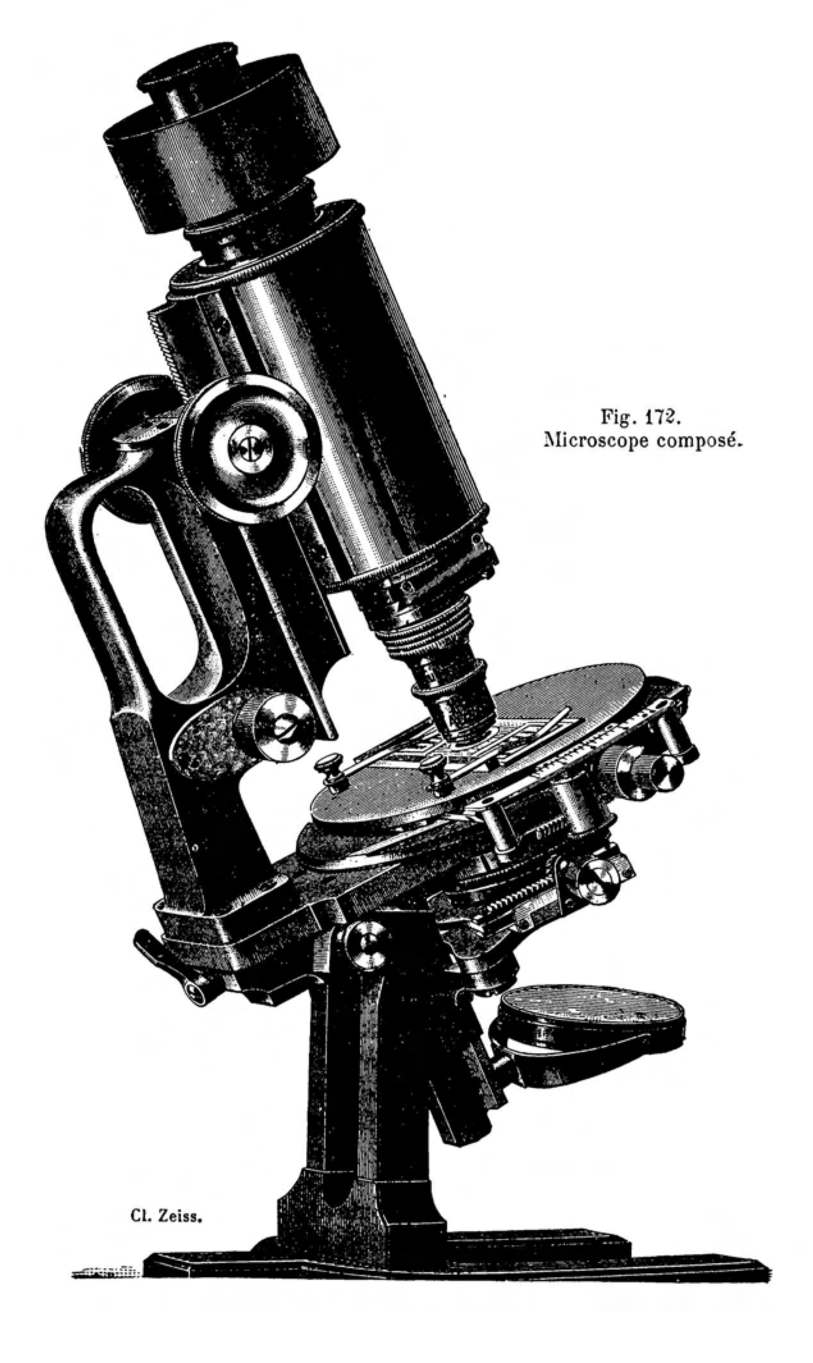
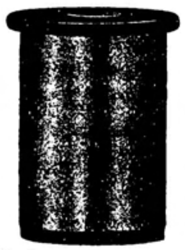


Fig. 172.
Microscope composé.

disposées à proximité de l'objet à observer forment l'*objectif*, et celles qui se trouvent placées du côté opposé, où l'observateur applique son œil, portent le nom d'*oculaire*. L'objet, placé entre deux lames de verre, est éclairé à l'aide d'un miroir adapté à un support articulé, et la mise au point s'effectue au moyen d'une crémaillère et d'une vis micrométrique permettant de faire varier la distance entre le tube et l'objet à observer (fig. 172, 173 et 174).



Cl. Krauss.

Fig. 173. — Oculaire du microscope composé.

Fig. 174. — Objectif du microscope composé.

Si l'on dispose une glace dépolie à quelque distance de l'oculaire, on voit s'y projeter une image de l'objet placé au foyer de l'objectif. Si l'on enlève l'oculaire, on observe encore une image réelle sur le verre dépoli, mais elle est renversée. Dans l'un et l'autre cas, en substituant au verre dépoli une plaque sensible, on doit, théoriquement, obtenir une microphotographie. En pratique, cependant, l'opération ne réussit complètement qu'en observant certaines conditions.

D'abord, les microscopes dont les lentilles ne sont achromatisées que pour l'observation visuelle ne conviennent pas à la photographie, à moins d'avoir recours à un mode d'éclairage spécial (monochromatique) : l'image mise au point pour l'œil de l'observateur ne serait plus nette sur la plaque, le foyer des rayons ultra-violets ne coïncidant pas avec celui des radiations visibles. Il faut donc que l'instrument ait été achromatisé de la même manière que les objec tifs photographiques, afin qu'il n'y ait point de *foyer chimique*. Il convient d'ajouter que la plupart des microscopes actuellement construits par les grandes maisons d'optique satisfont parfaitement à cette condition.

Le tube du microscope s'adapte, au moyen d'un raccord très simple, à une chambre noire spéciale, ordinairement de petit format, mais à très long tirage (fig. 175 et 176).

On utilise l'objectif du microscope, soit seul, soit avec l'oculaire.

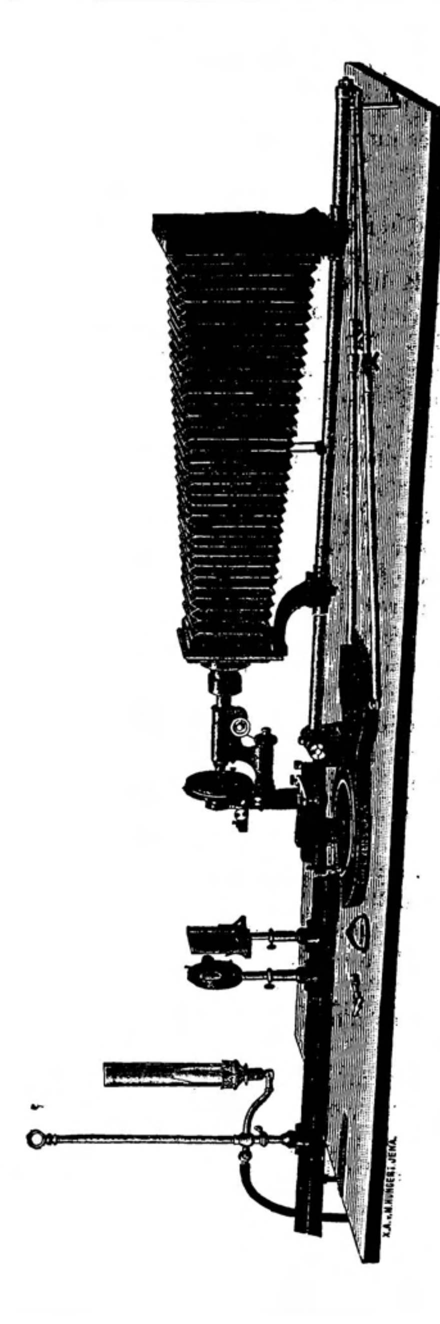


Fig. 175. — Appareil microphotographique (disposition horizontale).

Dans le premier cas, le tirage de la chambre est plus long, pour un même grossissement. Il dépend, bien entendu, de l'amplification qu'il s'agit d'obtenir. Pour avoir une image de plus en plus grande, il suffit de rapprocher l'objectif de l'objet et de l'éloigner de la plaque ; mais on ne gagne en amplification qu'aux dépens de la netteté.

Si le microscope est muni de son oculaire, l'image sera plus grande, pour le même éloignement de la plaque sensible. Le tirage est donc plus court que dans le cas précédent, à grossissement égal. Cette combinaison, qui réduit l'installation au minimum d'encombrement, a encore l'avantage de faciliter l'application alternative de l'observation visuelle et de la reproduction photographique. Le sujet à étudier est d'abord placé, comme d'habitude, entre deux lames de verre, sur le porte-objet. On l'examine, en mettant l'œil à l'oculaire, et, lorsqu'on y

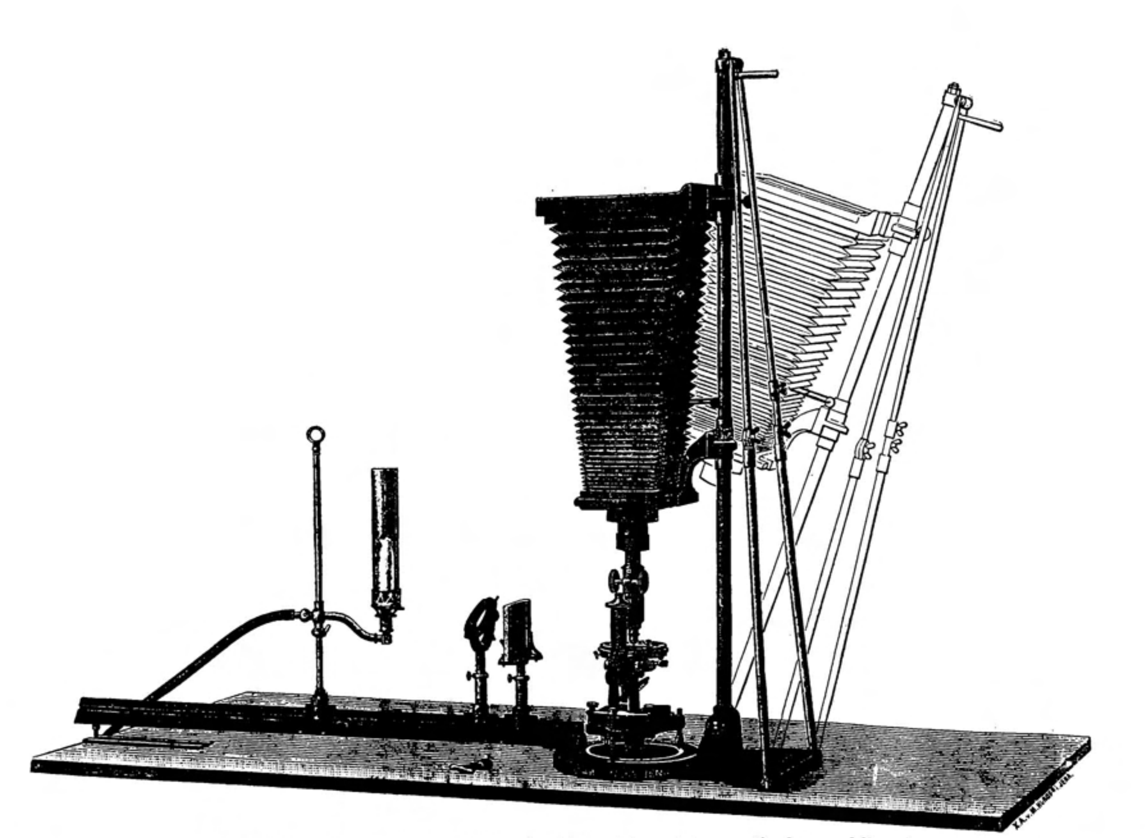


Fig. 176. — Appareil microphotographique (disposition verticale ou oblique).

découvre quelque détail intéressant dont on tient à conserver l'image, on n'a qu'à ajuster la petite chambre noire au microscope, sans déplacer l'objet. On met au point, en regardant le verre dépoli, et l'on expose la plaque sensible. MM. Thomas et Bellieni ont même imaginé une méthode qui supprime la modification de la mise au point et permet de laisser le microscope réglé pour l'examen visuel. L'instrument étant mis au point pour l'observation oculaire, on n'a qu'à le raccorder à une chambre photographique ordinaire *munie de son objectif* préalablement mis au point sur l'infini. Il est ainsi extrêmement facile de passer alternativement de l'étude visuelle à l'opération photographique, et *vice versa*.

L'inconvénient de l'oculaire est que ses lentilles absorbent une grande quantité de lumière. Il faut alors augmenter considérablement le temps de pose ou recourir à un éclairage beaucoup plus intense. En outre, pour éviter toute réflexion sur les parois intérieures du microscope, réflexions qui ne se produisent pas lorsqu'on se sert de l'objectif seul, il est nécessaire d'interposer un diaphragme vers l'extrémité du tube. Un autre moyen d'empêcher ces réflexions, déterminées par les rayons marginaux et dont l'effet est de donner une image confuse et une tache centrale, est de remplacer le tube ordinaire par un tube plus large. C'est dans ce but que la maison Zeiss construit des microscopes dont le tube a 49 mm. de diamètre intérieur. Du reste, tous les constructeurs tendent, depuis quelques années, à employer des tubes courts et de gros diamètre, qui seuls permettent d'utiliser tout le champ des objectifs de grande longueur focale, tels que les *microplanars* (fig. 177) et autres anastigmats. Ces objectifs, spécialement établis pour la microphotographie, admirablement corrigés de toute trace d'aberration, fournissent des images infiniment plus parfaites que celles qu'on obtenait avec les systèmes optiques primitifs.



Fig. 177. — Microplanar.

Éclairage. — La lumière diffuse, généralement suffisante pour l'observation directe, est rarement appliquée à la microphotographie, parce qu'elle nécessite une pose trop longue. Le plus souvent, on utilise une source de lumière artificielle, d'autant plus

intense qu'il s'agit d'obtenir un grossissement plus fort. Jusqu'à 500 diamètres, les lampes électriques à incandescence suffisent. Au delà, on a recours à l'arc électrique ou à la lumière oxhydrique.

L'objet est ordinairement éclairé par transparence : la lumière s'y trouve concentrée à l'aide d'un miroir concave disposé au-dessous du porte-objet. Pour les fortes amplifications, on y ajoute un condensateur, lentille supplémentaire qui s'adapte au porte-objet. Les préparations destinées à la micrographie (coupes de tissus animaux ou végétaux, microbes, etc.) sont assez souvent colorées, de manière à se détacher plus nettement sur le fond transparent. Suivant la couleur employée à cet effet, il sera parfois nécessaire d'avoir recours aux plaques orthochromatiques, combinées avec un écran coloré.

Certaines substances sont trop opaques pour se prêter à l'éclairage par lumière transmise. Même réduites en coupes aussi minces que possible, elles ne présenteraient pas encore la diaphanéité nécessaire. C'est le cas, notamment, pour les métaux et pour certains minéraux, qui exigent l'emploi d'*objectifs illuminateurs*. Le faisceau lumineux pénètre d'abord dans le tube du microscope, par une ouverture latérale. Un prisme à réflexion totale le dirige vers l'objectif, qui le concentre sur l'objet.

Quel que soit le mode d'éclairement, il faut veiller à ce que la lumière arrive régulièrement sur toute la surface à impressionner. On s'en assurera en examinant le verre dépoli, sur lequel la projection devra présenter une surface circulaire uniformément brillante. La mise au point s'effectue d'abord approximativement, en modifiant le tirage de la chambre, puis d'une façon beaucoup plus précise en manœuvrant la crémaillère du microscope et enfin la vis micrométrique.

Si le foyer optique ne coïncide pas avec le foyer chimique, on y remédie en faisant usage de lumière monochromatique. A cet effet, on interpose sur le trajet des rayons lumineux un verre teinté, ou, ce qui est préférable, une cuve en verre à faces parallèles remplie d'un liquide coloré, tel que l'acide picrique, le bichromate de potasse, le sulfate de cuivre, etc.

Limites du grossissement. — Les grossissements réalisés à l'aide du microscope ordinaire ne dépassent pas 600 à 800 diamè-

tres quand on emploie l'objectif seul, et 2.000 ou 2.500 quand on y ajoute l'oculaire. Pour obtenir des grossissements supérieurs, il faut avoir recours à des dispositions spéciales. En effet, le pouvoir du microscope a des bornes strictement limitées par la nature même de la lumière : si l'on essaye de les franchir, on ne gagne en amplification qu'au détriment de la netteté, et, loin de faire apparaître des détails plus fins, on n'obtient que des images de plus en plus confuses.

C'est qu'en réalité l'image de chaque point lumineux fournie par un instrument d'optique même supposé parfait n'est pas un point, mais bien une tache circulaire entourée d'anneaux concentriques, d'ailleurs très petits. Si l'on pousse l'amplification jusqu'à mettre en évidence cette structure complexe, les images des divers points contigus s'enchevêtrent et cessent d'être distinctes. Toutefois, la photographie a ici un nouvel avantage sur l'œil humain. Ces taches, ces anneaux concentriques, n'ont pas tous les mêmes dimensions : ceux qui proviennent des radiations rouges sont plus larges que ceux des jaunes; ceux-ci à leur tour sont moins resserrés que les verts et que les bleus, proportionnellement aux longueurs d'ondes des radiations correspondantes (V. le tableau de la page 408). Les plus étroits, pour l'observation visuelle, sont ceux qui sont formés par les rayons violets. Il suit de là que la limite de résolution des fines structures peut être poussée d'autant plus loin qu'on les éclaire par des rayons de plus petite longueur d'onde. Ainsi s'explique l'utilisation des rayons ultra-violets, que notre œil ne voit pas, mais qui impressionnent la plaque photographique.

La réalisation pratique de la microphotographie en lumière ultra-violette présentait de sérieuses difficultés, heureusement résolues, en 1904, par le Dr A. Köhler, d'Iéna. Les lentilles du microscope construit par Zeiss (fig. 178) sont composées de cristal et de quartz fondu et ne sont corrigées que de l'aberration sphérique, l'application d'un éclairage monochromatique rendant tout à fait négligeable l'aberration de réfrangibilité. Les rayons ultra-violets sont produits par une étincelle électrique qui jaillit entre des électrodes de cadmium. La mise au point s'effectue sur un écran fluorescent que l'on examine à l'aide d'un système optique en cristal.



Fig. 178. — Appareil pour la microphotographie en lumière ultra-violette.

Cette méthode permet de pousser le grossissement jusqu'à 3.600 diamètres. Le pouvoir résolvant atteint le double de celui que donnerait, sous les radiations visibles, un objectif d'égale ouverture numérique. En outre, les radiations ultra-violettes révèlent l'existence de détails que la lumière ordinaire ne ferait pas soupçonner, même si le grossissement était suffisant, parce qu'un grand nombre de préparations organiques fraîches ou fixées accusent des différences de transparence considérables suivant les radiations qui les éclairent, et se comportent, en lumière ultra-violette, absolument comme des objets différemment colorés, bien qu'elles soient incolores en lumière blanche.

Un autre moyen de voir l'invisible est l'*ultramicroscope* créé, en 1903, par deux Allemands, Siedentopf et Zsigmondy, et parti-

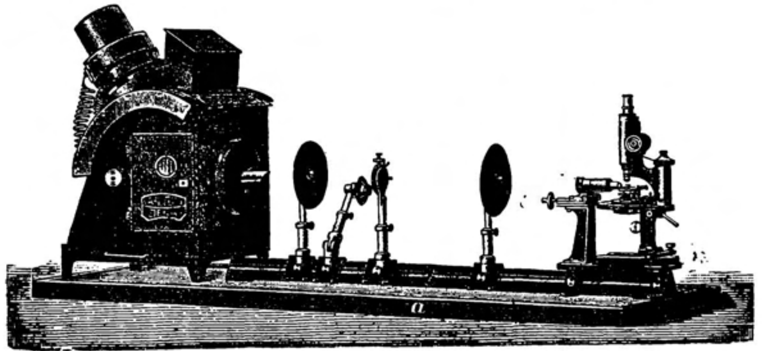


Fig. 179. — Ultramicroscope.

culièrement étudié en France par MM. Cotton et Mouton. Ce mode d'investigation est fondé sur ce fait qu'un objet extrêmement petit peut devenir visible, sous la triple condition d'être lumineux, de se détacher sur un fond obscur et d'être suffisamment éloigné des autres points lumineux.

La fig. 179 représente l'ultramicroscope Siedentopf-Zsigmondy construit par la maison Zeiss. Une lampe à arc de 30 ampères éclaire les objets microscopiques, non plus parallèlement à l'axe optique, mais perpendiculairement à cette direction, ou très obliquement. La fig. 180 montre de quelle manière les rayons lumineux

sont dirigés vers le porte-objet par un condensateur parabolique. Aucun rayon lumineux direct ne pénètre dans le tube du microscope, et les objets les plus menus apparaissent nettement, brillants sur fond obscur, à la façon des poussières en suspension dans l'air au milieu d'une chambre où pénètre un rayon de soleil.

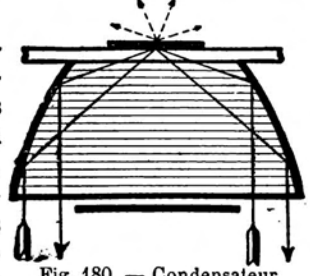


Fig. 180. — Condensateur parabolique.

Le Dr Comandon a utilisé cette combinaison pour cinématographier, à raison de 32 poses par seconde, des êtres prodigieusement petits, tels que ceux qui vivent dans le sang des animaux, organismes que l'on n'avait pu jusqu'ici étudier qu'après les avoir colorés et par conséquent tués. L'ultramicroscope rend ainsi des services inespérés aux biologistes, en leur permettant d'observer vivants divers microbes qui échappaient auparavant à leurs études. Conjugué avec le cinématographe, qui donne l'illusion parfaite de la réalité, le nouvel instrument a révélé au public un nouveau monde, le monde des infiniment petits.

OUVRAGES A CONSULTER

A. COTTON ET MOUTON, *les Ultramicroscopes,* Paris (G. Masson), 1906.

L. MATHET, *le Microscope et son Application à la photographie des infiniment petits,* Paris (Ch. Mendel).

MONPILLARD, *la Microphotographie,* Paris (Gauthier-Villars), 1899.

R. NEUHAUSS, *Anleitung zur Mikrophotographie,* 2e édition, Halle a/S. (W. Knapp).

H. VIALLANES, *Microphotographie,* Paris (Gauthier-Villars), 1886.

R. ZSIGMONDY, *Colloids and the Ultramicroscope,* New-York (John Wiley and Sons), 1909.

M. LANGERON, *Précis de Microscopie,* Paris (Masson et Cie), 1914.

CHAPITRE XXVI

LA RADIOGRAPHIE

Découverte des rayons X. — Lorsqu'une décharge électrique éclate à l'intérieur d'un tube de verre rempli d'air à la pression atmosphérique ordinaire, elle s'y manifeste sous la forme de traits de feu rapides, accompagnés de crépitements caractéristiques. Mais, si l'on y fait le vide, le tube s'illumine dans toute son étendue, et l'étincelle fait place à une lueur continue. Cet effet est particulièrement remarquable dans les tubes de Geissler. Deux fils de platine ou d'aluminium traversent le verre et constituent les *électrodes,* c'est-à-dire les conducteurs qui amènent la charge électrique à l'intérieur. On appelle *anode* le fil relié au pôle positif de la machine qui fournit l'électricité, et *cathode* l'électrode négative. Après avoir introduit dans le tube un gaz ou une vapeur, on y produit un vide partiel, après quoi l'ouverture est scellée au chalumeau.

Le passage de l'électricité à travers le tube de Geissler produit une lueur dont la teinte varie suivant la nature du gaz dont il reste encore quelques traces. La lumière part de l'extrémité de l'anode et s'arrête à une faible distance de la cathode; une gaine lumineuse entoure la cathode, dont elle est séparée par un espace obscur. Si le vide a été fait après avoir introduit dans le tube une vapeur d'alcool, d'essence de térébenthine ou de sulfure de carbone, la lueur n'apparaît plus uniforme : on aperçoit, dans ce cas, des *stratifications,* c'est-à-dire des raies alternativement brillantes et obscures.

Dès 1875, deux expérimentateurs, Hittorff, à Munster, et Goldstein, à Berlin, avaient reconnu que la lueur produite dans le tube de Geissler était due à un vide imparfait et qu'elle disparaissait progressivement, à mesure que la raréfaction se faisait plus complète Ils avaient remarqué, en outre, qu'après la disparition de la

lueur intérieure, le verre du tube devenait le siège d'une pâle fluorescence verte.

Ces premières observations étaient restées à peu près inaperçues. Elles étaient déjà oubliées, en 1879, quand Crookes entreprit l'étude méthodique de cet ordre de phénomènes. Il constata que, lorsque le vide se fait d'une façon de plus en plus parfaite dans le tube, la gaine lumineuse qui entoure la cathode disparait tout d'abord. La zone obscure va ensuite s'élargissant et gagne de proche en proche jusqu'à la pointe positive. Une à une, les stratifications s'éteignent. Dès que le point lumineux qui termine l'anode s'évanouit à son tour, la fluorescence du verre commence à se manifester.

Pour Crookes, ce sont les molécules du gaz raréfié à l'extrême qui, repoussées par l'électricité négative de la cathode, bombardent le fond de l'ampoule et font jaillir, par leurs chocs incessants, ces lueurs phosphorescentes dont le point de départ semble bien être le fil négatif. C'est pourquoi il leur donna le nom de *rayons cathodiques*. En arrêtant ce flux de projectiles au moyen d'une lame d'aluminium enfermée dans le tube, l'ombre de cette lame venait se peindre sur le verre.

En 1889, le physicien allemand Henri Hertz vérifia que lorsque la lame d'aluminium est suffisamment mince, elle devient impuissante à arrêter les rayons cathodiques, et que d'autres métaux présentent les mêmes propriétés. Cinq ans plus tard, M. Philippe Lenard mit à profit cette particularité pour faire jaillir les rayons cathodiques hors de l'ampoule de Crookes. Cette dernière fut percée d'une petite fenêtre fermée par une lame d'aluminium. Les radiations n'étaient ainsi plus arrêtées par les parois de verre et franchissaient facilement la feuille métallique. Les rayons *invisibles* filtrés de la sorte à travers une *vitre opaque* avaient la propriété d'impressionner la plaque photographique et de décharger à distance les corps électrisés. Projetés sur un écran enduit d'une substance fluorescente, telle que le sulfure de zinc ou le platino-cyanure de baryum, ils le rendaient immédiatement lumineux.

Cet historique succinct suffit pour montrer que les principales propriétés des rayons cathodiques étaient connues plusieurs années avant que le Dr Röntgen, professeur à Wurzbourg, se fût occupé

de cette question. C'est à lui cependant qu'est généralement attribuée l'invention de la radiographie. Le mérite du physicien bavarois fut seulement de mettre en évidence, grâce à un dispositif habilement combiné, tout le parti qu'il était possible de tirer d'un phénomène considéré jusque-là comme fort curieux, mais sans portée pratique.

Vers la fin de l'année 1895, Röntgen, ayant excité la décharge électrique dans un tube de Crookes enfermé à l'intérieur d'une boîte de carton placée elle-même au fond d'un laboratoire obscur, remarqua qu'une plaque fluorescente, laissée par hasard à proximité, s'illuminait. Il reconnut que, quoique invisibles, les rayons cathodiques pouvaient traverser le verre de l'ampoule, sans qu'il fût nécessaire d'avoir recours à un diaphragme d'aluminium, et qu'ils franchissaient aussi le carton. Il eut alors l'idée de faire quelques expériences photographiques à l'aide de ces radiations, auxquelles il donna le nom de *rayons X,* en raison de leur nature mystérieuse, empruntant ainsi au langage algébrique le signe qui sert à désigner l'inconnu.

L'une de ces expériences démontra à Röntgen que les os de la main sont à peu près complètement opaques aux rayons X, tandis que les chairs, les muscles, les tendons, les nerfs et les artères se laissent facilement traverser. On put ainsi obtenir, pour la première fois, la photographie du squelette d'un individu vivant.

Les rayons X ne se réfractent pas, en traversant un prisme ou une lentille. Traversant un grand nombre de corps que nous appelons opaques, parce que nos yeux ne sont pas organisés pour voir à travers leurs molécules, comme le bois ou le carton, les rayons X sont arrêtés par des substances qui sont transparentes pour notre nerf optique. Le cristal est dans ce dernier cas, et c'est pourquoi la photographie par les rayons X, ou *radiographie,* s'obtient par simple projection de silhouettes, et non par réfraction à travers un objectif.

Matériel radiographique. — Les organes nécessaires à l'exécution des radiographies sont : la source d'énergie électrique, le tube dans lequel les rayons X prennent naissance, et le châssis contenant la plaque sensible.

Générateur d'électricité. — La tension électrique qui correspond

à une longueur d'étincelle de 5 à 30 centimètres, à l'air libre, est la mieux appropriée aux opérations radiographiques. Néanmoins, il est préférable de choisir un générateur d'énergie électrique capable de fournir des étincelles de 60 centimètres, parce qu'un appareil

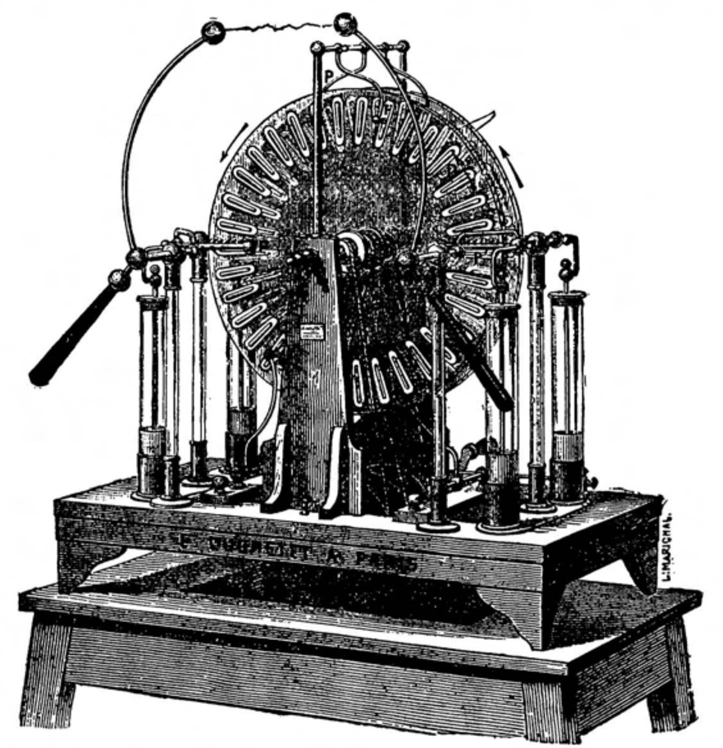


Fig. 181. — Machine de Wimshurst.

puissant travaille plus sûrement et plus régulièrement qu'un appareil poussé à son maximum de rendement.

Les machines statiques, notamment celles de Wimshurst (fig. 181) et de Topler, conviennent très bien à la radiographie. Leur construction a fait l'objet, dans ces dernières années, de divers perfec-

tionnements qui assurent au flux de rayons X une constance et une fixité remarquables. Malheureusement, elles craignent la poussière et l'humidité, qui diminuent l'isolement et arrêtent parfois la production d'énergie au moment le plus inopportun. Aussi la machine statique reste-t-elle encore, malgré l'avantage de sa simplicité, l'outil des radiographes qui n'ont pas à leur portée le courant électrique fourni à bon compte par les usines.

Dans la plupart des cas, la source d'énergie appliquée à la radiographie est la machine d'induction ou bobine de Ruhmkorff

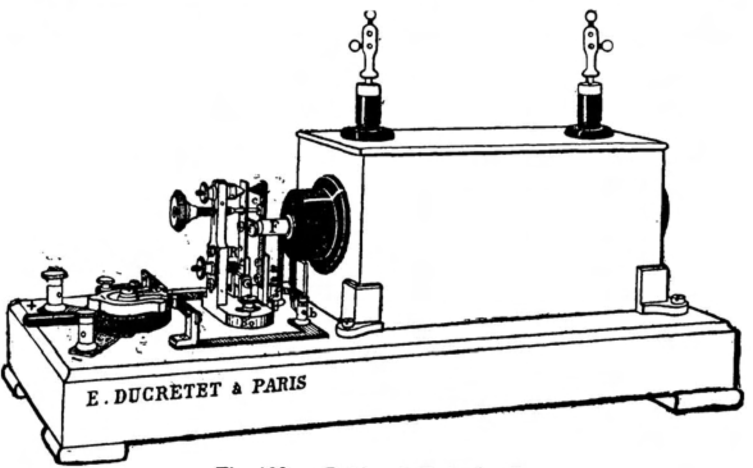


Fig. 182. — Bobine de Ruhmkorff.

(fig. 182), qui transforme un courant à basse tension en un courant à haute tension. Le courant *inducteur* ou *primaire* parcourt un fil de cuivre gros et court enroulé autour du noyau de la bobine. Ce circuit est entouré d'un autre enroulement, formé de fil très fin et très long, dans lequel prennent naissance les courants *induits* ou *secondaires* à haute tension. Comme chaque courant induit ne dure qu'un instant, il est indispensable que le courant inducteur soit périodiquement interrompu.

Les interrupteurs mécaniques des petites bobines fonctionnent de la même manière que le *trembleur* des sonneries électriques. Cette

combinaison n'est plus suffisante lorsqu'on utilise des courants intenses, parce que l'étincelle de rupture qui jaillit entre les pièces mobiles de l'interrupteur les met rapidement hors d'usage et offre d'ailleurs l'inconvénient de prolonger la durée du courant primaire. Pour obtenir un bon rendement, il faut une interruption

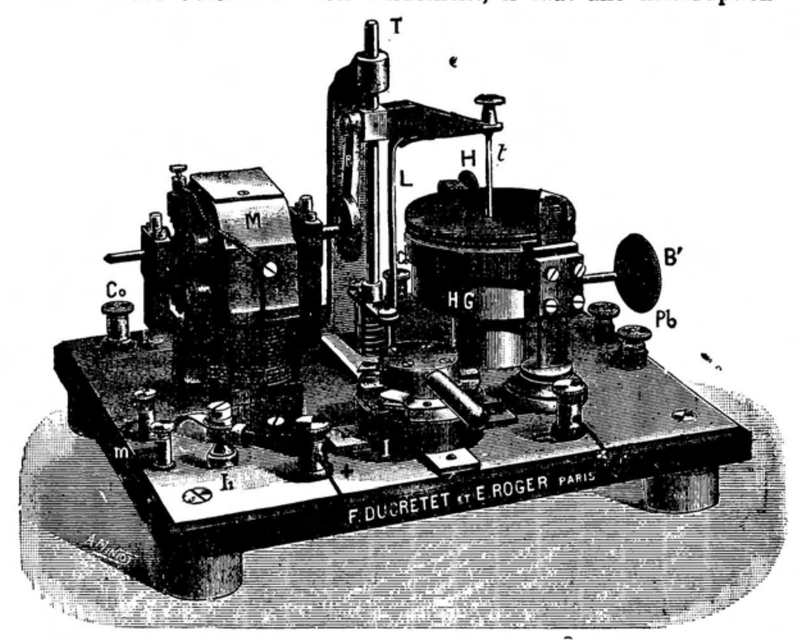


Fig. 183. — Interrupteur à moteur.

très brusque. L'interrupteur Ducretet représenté fig. 183 est constitué par une tige *t* plongeant dans un godet HG contenant une couche de mercure recouverte de pétrole. Un moteur électrique M imprime à la tige *t*, par l'intermédiaire de la bielle B, un mouvement alternatif vertical très rapide. Le courant primaire est amené à la tige mobile par une bande métallique souple L et passe dans la masse de mercure. Quand la tige *t* est soulevée hors du mercure, le courant est brusquement interrompu, pour passer de nouveau quand le contact est rétabli.

On emploie aussi, depuis quelques années, des interrupteurs à jet de mercure par force centrifuge. Un moteur électrique M (fig. 184) actionne une petite turbine T qui projette un filet de mercure A établissant dans sa rotation des contacts successifs sur des lames

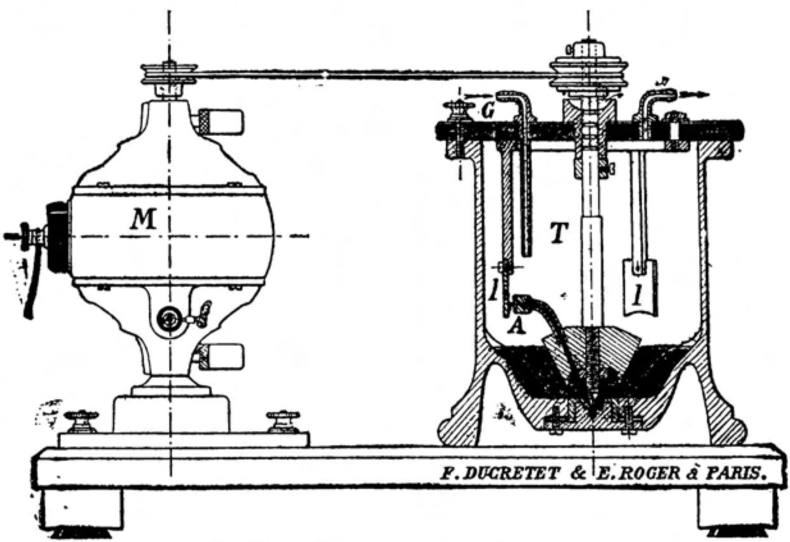


Fig. 184. — Interrupteur à jet de mercure.

métalliques *l*. Cette combinaison supprime l'emploi d'un liquide isolant, tel que l'alcool ou le pétrole, qui forme à la longue avec le mercure une sorte d'émulsion pâteuse.

Enfin, on utilise, surtout avec les courants très intenses, l'interrupteur électrolytique de Wehnelt. La cuve R (fig. 185) contient de l'eau acidulée. La borne + reliée au pôle positif du générateur d'énergie électrique communique avec une vis B qui se termine, à l'intérieur de la cuve, par une pointe de platine P*t*. Le pôle négatif est relié au liquide par la borne — et la lame de plomb E. Le passage du courant a pour effet de déterminer sur la pointe de platine une chaleur intense qui vaporise immédiatement la couche liquide qui l'entoure. Cette gaine de vapeur interrompt aussitôt le courant. La cause de l'échauffement cessant, la vapeur se condense,

le courant passe de nouveau, et le phénomène de caléfaction recommence. Les interruptions produites dans ces conditions sont extrêmement brusques et se succèdent à raison de 1.500 par seconde environ. L'interrupteur électrolytique convient principalement aux grandes bobines ; il est d'un emploi plus facile, plus commode et plus sûr que l'interrupteur au mercure.

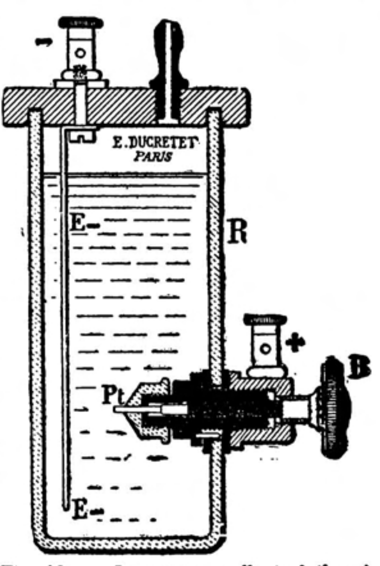


Fig. 185. — Interrupteur électrolytique.

Tube. — L'appareil dans lequel les rayons X prennent naissance est constitué en principe par une simple ampoule de verre d'où l'air a été chassé et dans laquelle pénètrent deux tiges métalliques, servant d'anode et de cathode. En réalité, les tubes actuellement employés sont un peu plus compliqués. D'abord, l'anode est généralement double, c'est-à-dire composée de deux tiges distinctes, que l'on relie ensemble quand il s'agit de diminuer la résistance intérieure, suivant le degré de vide et l'effet à obtenir. La plupart des tubes applicables à la radiographie sont donc *bianodiques* (fig. 186). Ils sont, en outre, munis d'un *régulateur du vide*. Le degré de vide réalisé dans le tube est, en effet, d'une très grande importance. A mesure que la raréfaction augmente, le passage de l'électricité est de plus en plus difficile, et il faut augmenter la tension du courant induit pour vaincre la résistance intérieure. Quand le vide est poussé très loin, on dit que le tube est *dur :* il produit alors des rayons d'une force de pénétration extrême, mais il exige une machine donnant des étincelles plus longues. Les tubes très durs sont peu employés en radiographie, bien qu'ils permettent des poses très courtes, parce que les rayons principaux qu'ils produisent s'accompagnent de rayons secondaires d'où résulte la formation d'un voile dont on n'est pas encore parvenu à se débarrasser.

Les tubes *doux* ou *mous* sont ceux où le vide est très imparfait. Ils offrent peu de résistance au passage de l'électricité et n'exigent qu'une tension relativement peu élevée, mais n'ont qu'un faible pouvoir de pénétration. Il est à remarquer que le degré du vide augmente spontanément par le seul fonctionnement du tube : la décharge électrique y détermine l'absorption des molécules gazeuses qu'il contient par les parois de verre et les pièces métalliques intérieures, si bien qu'à la longue un tube primitivement mou finit par devenir dur.

Divers moyens ont été proposés pour amener les tubes au degré de vide convenable. Quand le tube est bianodique, on augmente la résistance en n'utilisant qu'une seule anode ; on la diminue, lorsque le tube est devenu trop dur, en reliant ensemble les deux anodes. On peut régénérer un tube devenu trop résistant en le passant légèrement sur la flamme d'une lampe à alcool. Sous l'influence de la chaleur, une partie des gaz absorbés par occlusion se dégage et diminue le vide. Si, au contraire, le vide est insuffisant, il suffit d'inverser pendant quelques instants le sens du courant : la cathode sert d'anode, et réciproquement, et l'excès de gaz est réabsorbé. Toutefois, ces modes de régénération ne donnent de bons résultats qu'un certain nombre de fois. Aussi a-t-il fallu chercher autre chose.

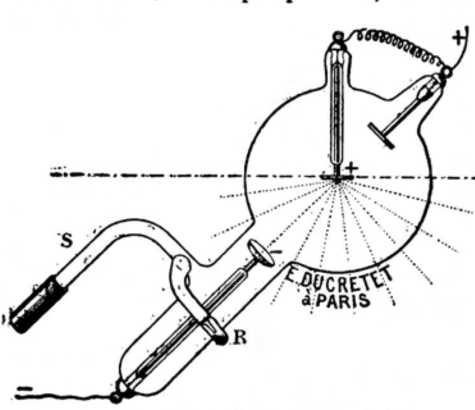


Fig. 186. — Tube à régulateur de vide par la potasse.

Le procédé primitivement employé consistait à introduire dans le tube, pendant sa fabrication, une matière capable de laisser échapper, sous l'influence de la chaleur, une très petite quantité de gaz qui compense l'excès de raréfaction produit par les décharges électriques. Tel est, par exemple, le tube de Zehnder, auquel est soudée une ampoule

contenant du charbon absorbant, qu'il suffit de chauffer pour libérer une petite quantité de gaz.

Crookes a utilisé la potasse caustique pour la régénération des tubes. Dans le modèle représenté fig. 186, la potasse est placée au fond d'un petit réservoir R. Quand le tube est trop vidé, on chauffe lentement ce réservoir sur une lampe à alcool. Lorsque, au contraire, le vide est insuffisant, on l'augmente en inversant le sens du courant pendant quelques instants.

M. Ch.-Ed. Guillaume modifie la raréfaction au moyen d'une anode supplémentaire terminée par une lame de palladium : en la chauffant ou en la prenant pour anode, on restitue ou on enlève à l'atmosphère intérieure du tube une minime quantité de gaz, de manière à obtenir le vide le plus favorable.

L'*osmo-régulateur* de M. Villard est basé sur la propriété que possède l'hydrogène de traverser une paroi de platine chauffée au rouge. Quand le tube est trop résistant, on chauffe avec un bec de Bunsen le tube de platine soudé à l'ampoule : l'hydrogène de la flamme passe à travers le tube de platine par osmose, et pénètre dans le tube, qui devient ainsi moins résistant. Quand, au contraire, le tube est trop mou et possède, par conséquent, un excès de gaz, on coiffe le tube de platine d'un manchon de même métal, de plus grand diamètre, qui l'isole du contact de la flamme tout en laissant circuler l'air : par osmose encore, les gaz sortent du tube, et le vide convenable se rétablit.

Pour les grandes intensités, l'interrupteur de Wehnelt est généralement relié à un tube bianodique avec anode à large surface refroidie par l'eau. On verse dans le récipient B (fig. 187) de l'eau jusqu'aux deux tiers de sa hauteur. Pendant le fonctionnement du tube, l'eau est portée à l'ébullition ; la vapeur se condense en B′ et retombe en B. L'anode M′, en contact direct avec l'eau, reste à 100°, et cette température relativement basse permet de soumettre le tube à de fortes décharges. Signalons, enfin, le tube double du Dr Guilloz (fig. 188) avec deux ca-

Fig. 187. — Anode à refroidissement.

thodes et deux anticathodes en chrome platiné, pour la radiostéréoscopie.

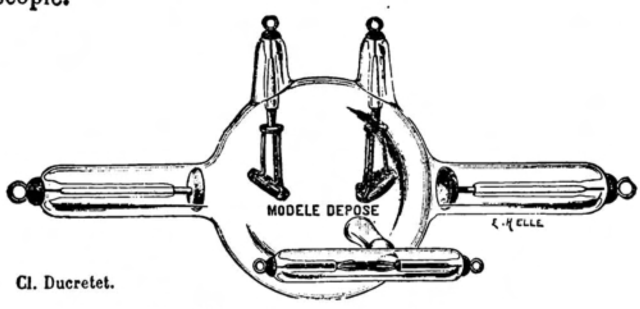


Fig. 188. — Tube radiostéréoscopique.

Dans les tubes précédents, le passage de la décharge s'opère par l'intermédiaire des gaz résiduels, dont la conductibilité varie suivant leur degré de raréfaction. Le tube Coolidge est fondé sur un principe tout différent. Le vide y est poussé si loin que, même à des tensions supérieures à 100.000 volts, l'électricité ne pourrait pas franchir la distance qui sépare les électrodes. On supplée à l'absence de résidu gazeux par une émission d'*électrons,* corpuscules qui se dégagent de la cathode quand celle-ci est portée à l'incandescence. A cet effet, la cathode est formée d'un fil de métal peu fusible, relié à une source d'électricité à basse tension, par exemple un petit accumulateur. Le pouvoir de pénétration des rayons X ainsi émis ne dépend que du voltage aux bornes de l'ampoule; il ne varie donc pas, tant que la tension reste constante. La figure 189 représente un tube Coolidge construit en France par les

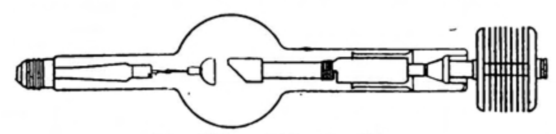


Fig. 189. — Tube Coolidge.

Établissements Gaiffe, Gallot et Pilon. La cathode est creuse, et dans sa cavité se loge une spirale en fil de tungstène, soutenue par deux tiges de molybdène. L'anode, faite d'un gros bloc de

tungstène, se prolonge à l'extérieur du tube par un radiateur à ailettes, dont la large surface assure la dissipation de la chaleur produite par le bombardement cathodique.

Ce tube peut être alimenté par les courants induits de la bobine de Ruhmkorff, et aussi par les courants alternatifs que distribuent les stations centrales, avec un transformateur qui en élève la tension. Les autres tubes laissant passer le courant dans les deux sens exigent l'emploi de redresseurs (contacts tournants) ou de soupapes spéciales supprimant l'une des alternances. Quant au tube Coolidge, il ne laisse passer le courant que dans le sens voulu. Un autre avantage de ce tube est son extrême souplesse et la facilité avec laquelle on en obtient à volonté des rayons X plus ou moins pénétrants. En réduisant le voltage, on exécute de bonnes radiographies des tissus mous; en l'élevant, au contraire, on arrive à analyser la structure des corps les plus opaques (radiométallographie).

Châssis porte-plaque. — On peut employer en radiographie un châssis ordinaire, dans lequel la plaque sensible est enfermée, comme d'habitude gélatine en dessus, c'est-à-dire tournée vers le volet. On y ajoute généralement une feuille de plomb, en contact avec le verre, et un écran fluorescent destiné à abréger la pose, comme on le verra plus loin. Mais l'emploi du châssis n'est pas indispensable, et il suffit d'enfermer la plaque dans une feuille de papier noir; cette enveloppe, imperméable à la lumière, empêche l'émulsion de se voiler, et se laisse facilement traverser par les rayons X. Pour éviter que ces rayons occasionnent un voile accidentel pendant le réglage des appareils, on n'a qu'à protéger la plaque à l'aide d'une feuille de métal ou même d'un carton épais. La suppression du châssis s'impose, d'ailleurs, dans certaines opérations : ainsi, les dentistes ont quelquefois à radiographier une mâchoire, afin de vérifier l'existence d'une dent encore invisible ou de préciser la position d'une racine. Dans ces cas, on se borne à envelopper de papier noir une très petite plaque sensible, que l'on introduit dans la bouche à étudier.

Procédés radiographiques. — On peut utiliser, en radiographie, des plaques ordinaires, et d'ailleurs on n'en employait pas d'autres à l'époque où les rayons X venaient à peine d'être découverts. Mais le temps de pose qu'elles exigent est généralement trop long, et il

est presque toujours plus avantageux d'avoir recours aux émulsions spécialement réservées à cette application. Ainsi, les plaques

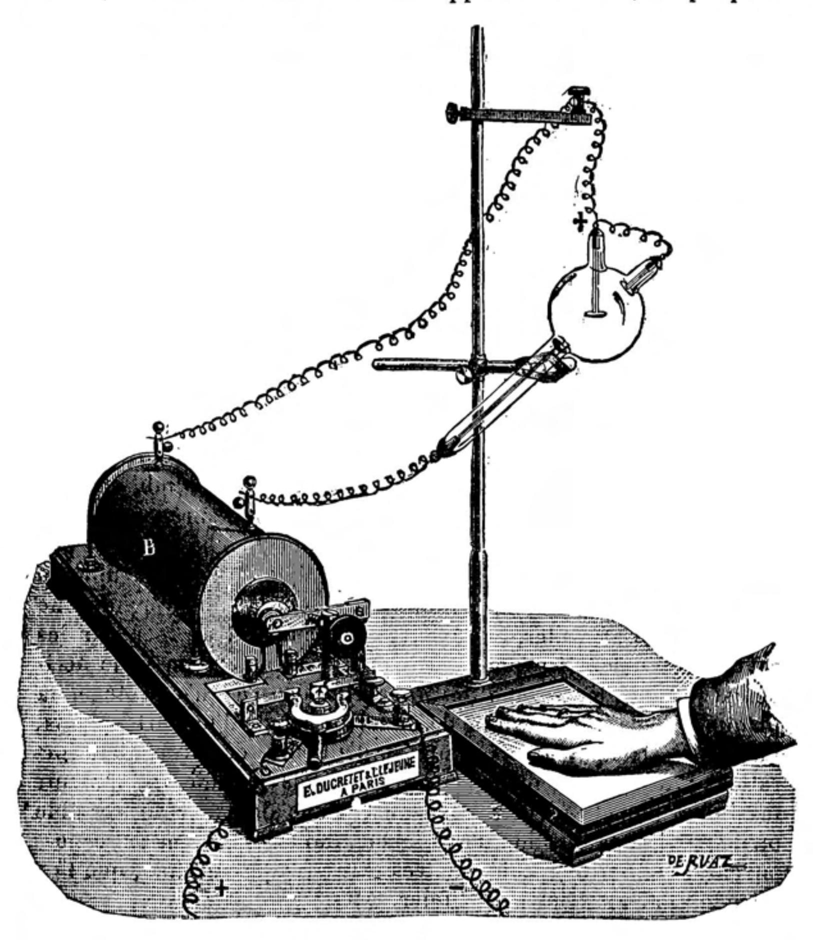


Fig. 190. — Dispositif. radiographique

radiographiques Lumière sont remarquables par leur sensibilité et par la gradation de teintes qu'elles permettent d'obtenir. La cou-

che sensible en est très épaisse. La plupart des fabricants de plaques radiographiques les livrent dans des boîtes où elles sont empaquetées séparément, de manière à en faciliter l'emploi, au besoin sans châssis.

La plaque est disposée, gélatine en avant, aussi près que possible de l'objet à radiographier, placé entre la surface sensible et le tube, de telle sorte que les rayons X en projettent la silhouette sur l'émulsion. Derrière la plaque, en contact avec le verre, on met assez souvent une feuille de plomb, destinée à arrêter les rayons X de retour, comme l'a indiqué M. A. Buguet en 1897. L'emploi de cet écran n'est pas indispensable pour les poses courtes avec des tubes peu pénétrants, mais il est nécessaire dans les poses avec tubes à grande pénétration.



Cl. Ducretet.

Fig. 191. — Radiographie d'une main.

Pour utiliser complètement l'activité photochimique des rayons durs et semi-durs, Heinz Bauer conseille d'ajouter aux émulsions destinées à la radiographie du verre au plomb très finement pulvérisé ou toute autre substance absorbant les rayons X, ou bien encore d'étendre l'émulsion sur des plaques de verre au plomb. La maison Schleussner, de son côté, coule ses émulsions radiographiques sur verre blanc opale spécial : ces plaques donnent des images très claires et sont très sensibles.

La durée du temps de pose dépend non seulement de la sensibilité de l'émulsion, mais aussi du degré d'opacité du sujet et de la force de pénétration des rayons X. Elle est généralement comprise entre quelques secondes et plusieurs minutes. On peut toutefois la réduire à une fraction de seconde, en faisant usage d'un *écran renforçateur*. Dès 1895, Röntgen avait observé que la lame de verre et la gélatine des plaques sensibles devenaient fluorescentes sous l'action des rayons X. Ce phénomène a été utilisé pour réduire les temps de pose, en appliquant contre l'émulsion un écran fluorescent aussi plan que possible. Le Dr Van Heurk a fait usage d'écrans aux sels d'uranyle et de plaques en verre chargé d'oxyde d'ura-

nium. Les Drs Winkelmann et R. Straubel ont employé le spath fluor. M. Ducretet a indiqué les lames en feldspath préparées par MM. F. Bapterosses et le verre connu sous le nom d'*agatine*. Les écrans au tungstate de calcium à grains très fins paraissent les plus favorables. Il convient d'ajouter que si l'interposition de ces écrans réduit considérablement la durée de la pose, elle présente l'inconvénient d'altérer la netteté de l'image. On le remarque surtout quand on radiographie des os, qui donnent habituellement beaucoup de détails sur leur structure intérieure : un calcanéum, par exemple, est beaucoup moins net avec écran que sans écran. Cependant, pour les régions épaisses, qui offrent toujours des radiographies un peu floues, la présence de l'écran ne rend pas l'épreuve moins nette, tout en permettant de poser 10 fois moins.

MM. Hoffmann et Rossler, de Leipzig, en collaboration avec le fabricant Otto Gehler, ont inventé un nouvel écran renforçateur qui, sous l'action des rayons X, émet une lueur bleue violacée impressionnant très rapidement le bromure d'argent. Il faut épousseter soigneusement la surface fluorescente ainsi que l'émulsion, avant de les mettre en contact. La plaque sensible doit être exposée verre en avant : les rayons X traversent donc successivement le sujet radiographié, la plaque de verre, l'émulsion et enfin l'écran renforçateur.

Pour développer les plaques radiographiques, le Dr Hugo Kulh préconise l'emploi du révélateur au glycin préparé suivant la formule de Pizzighelli :

A.	Eau distillée	1.000 cc.
	Glycin	30 gr.
	Sulfite de soude	100 —
	Carbonate de soude	20 —
B.	Eau distillée	1.000 cc.
	Carbonate de potasse	100 gr.

Au moment d'opérer, on mélange parties égales des solutions A et B.

La couche sensible étant très épaisse, le développement doit être poussé jusqu'à opacité presque complète du cliché. Il faut ensuite laver abondamment. Le fixage est effectué dans une solution concentrée d'hyposulfite de soude (300 gr. pour 1 litre d'eau) et doit

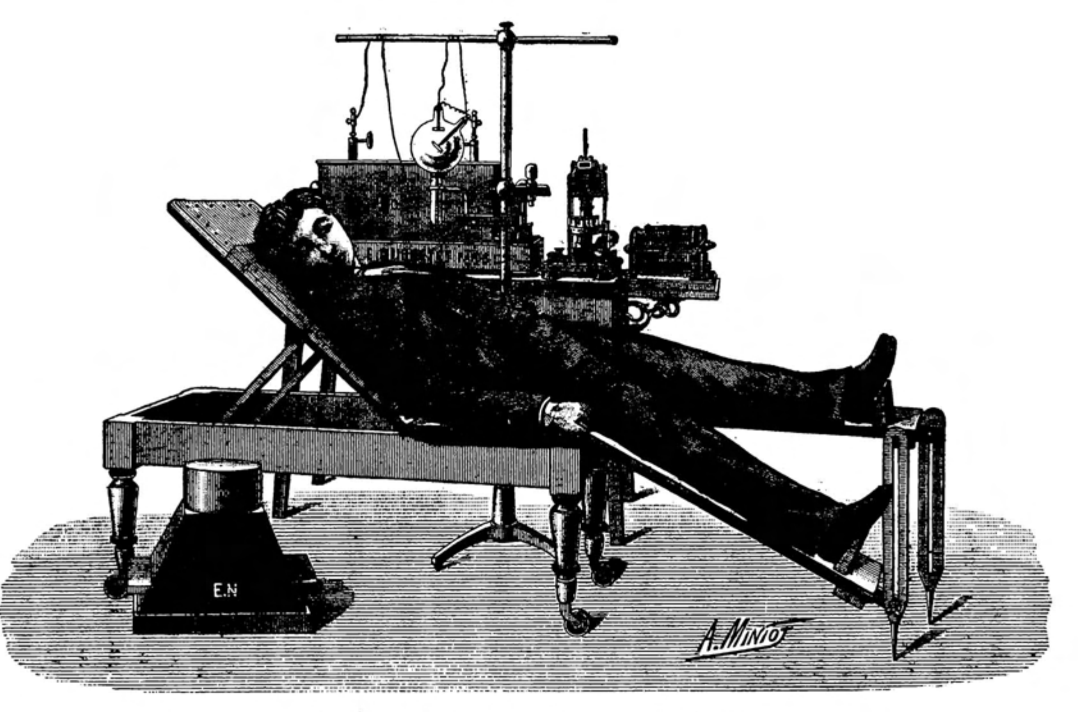


Fig. 192. — Table d'opérations radiographiques.

être suivi de lavages encore plus longs que dans les procédés ordinaires, en raison de l'épaisseur de la couche.

On active ensuite le séchage, en trempant la plaque dans l'alcool pendant 5 minutes.

Le tirage des épreuves radiographiques est effectué suivant les procédés positifs ordinaires, sur papier au citrate ou sur papier au gélatinobromure, ou encore sur plaques diapositives. Si l'épreuve est exécutée sur papier, il y a lieu de faire une distinction sur le sens de la reproduction. Quand le cliché a été exécuté suivant la méthode indiquée pour l'emploi de l'écran Hoffmann et Rossler, c'est-à-dire verre en avant (vers le sujet) et gélatine en arrière, l'épreuve tirée par contact offre une reproduction exacte du sujet. Mais quand la plaque est exposée gélatine en avant, alors l'image est inversée, comme si le sujet était observé dans un miroir. Si l'on veut avoir une reproduction redressée, il est facile d'y remédier en exécutant un contretype du cliché radiographique.

La radiographie ne donne, en principe, que des silhouettes, des projections d'ombres sur lesquelles on ne distingue pas la succession des plans différents et qui ne renseignent par conséquent que très imparfaitement sur la forme exacte du sujet, sur sa structure intérieure et sur la position précise qu'occupe tel ou tel détail. On arrive pourtant à mettre en évidence le relief des objets radiographiés et à localiser l'objet que l'on veut rechercher, en appliquant la méthode stéréoscopique. A cet effet, on peut radiographier le sujet à l'aide d'un tube double (fig. 189) ou exécuter successivement deux clichés en se servant d'un seul tube placé dans des positions différentes pendant les deux poses. Les deux épreuves constituant le couple stéréoscopique sont observées, soit dans un stéréoscope ordinaire si elles sont d'un format suffisamment réduit, soit dans le stéréoscope à miroirs du Dr Krouchkoll (fig. 193), qui permet d'examiner les radiographies sur verre ou sur papier de toutes dimensions, jusqu'au format 40×50. Les deux miroirs plans en verre argenté M, M′ sont disposés à 90° l'un de l'autre et mobiles dans le sens vertical. Leur ensemble est commandé par la vis de rappel V qui les fait mouvoir perpendiculairement à la règle RR′. Les porte-plaques P, P′ portent des tiges mobiles t, t', a, a' entre lesquelles sont maintenues les plaques ou épreuves stéréoscopiques

En déplaçant P et P′ sur la règle RR′, on arrive rapidement à obtenir la superposition des deux images, lorsqu'on regarde avec un œil dans chaque miroir. Deux écrans blancs mobiles E, E′ servent à refléter la lumière sur les images N, N′.

Cette combinaison met en pleine évidence la structure réelle des

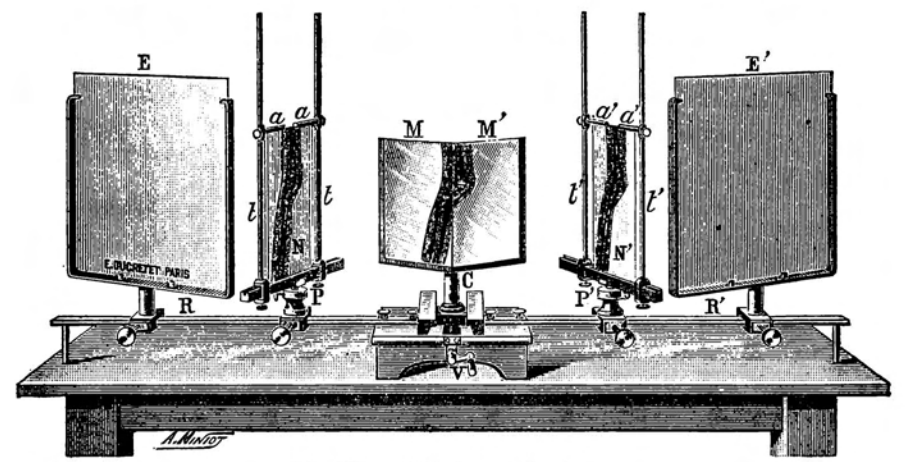


Fig. 193. — Stéréoscope à miroirs.

corps opaques. On aperçoit ainsi, dans leurs véritables dispositions, les organes cachés sous les tissus les plus épais des êtres vivants, que l'on aurait crus à jamais inaccessibles à l'observation directe sans recourir à la dissection. La science moderne, par le concours de l'électricité, de la photographie et du stéréoscope, a singulièrement étendu le champ de nos investigations, et nous lui devons le don de voir l'invisible.

OUVRAGES A CONSULTER

J.-L. BRETON, *Rayons cathodiques et rayons X*, Paris (L. Geisler).
G. BRUNEL, *Manuel pratique de radiographie*, Paris (B. Tignol).
E. COUSTET, *l'Electricité, ses lois et ses applications mises à la portée de tous*, Paris (J. Tallandier), 1907 (t. Ier).

J.-M. Eder et E. Valenta, *Versuche über Photographie mittelst der Röntgenchen Strahlen,* Paris (Gauthier-Villars), 1896.

C.-E. Guillaume, *les Rayons X et la Photographie à travers les corps opaques,* 2e édition, Paris (Gauthier-Villars), 1897.

A. Hébert, *la Technique des rayons X,* Paris (Masson et Cie), 1897.

A. Londe, *Traité pratique de radiographie et de radioscopie,* Paris (Gauthier-Villars), 1899.

A. Londe, *La Radiographie et ses diverses applications,* Paris (Gauthier-Villars), 1899.

A. Parser-Muhlbacher, *Röntgenphotographie,* 2e édition, Berlin (Gustav Schmidt), 1908.

E.-N. Santini, *la Photographie à travers les corps opaques,* 4e édition, Paris (Ch. Mendel).

M. Tissandier, *Pratique expérimentale radiographique,* Paris (Ch. Mendel).

E. Coustet, *les Rayons X et leurs applications,* Paris (Ch. Delagrave), 1914.

CHAPITRE XXVII

LA PHOTOGRAPHIE ASTRONOMIQUE

Généralités. — Le rapport que François Arago lut à la Chambre des députés, à l'époque où l'invention de Niepce et de Daguerre allait devenir l'objet d'une récompense nationale, faisait déjà prévoir le progrès qui allait en résulter dans l'étude des astres : « La préparation sur laquelle M. Daguerre opère est un réactif beaucoup plus sensible à l'action de la lumière que tous ceux dont on s'était servi jusqu'ici. Jamais les rayons de la lune, nous ne disons pas à l'état naturel, mais condensés au foyer de la plus grande lentille, au foyer du plus large miroir réfléchissant, n'avaient produit d'effet physique perceptible. Les lames de plaqué préparées par M. Daguerre blanchissent au contraire à tel point sous l'action de ces mêmes rayons et des opérations qui lui succèdent, qu'il est permis d'espérer qu'on pourra faire des photographies de notre satellite. C'est dire qu'en quelques minutes on exécutera un des travaux les plus longs, les plus minutieux, les plus délicats de l'astronomie. »

Ces prévisions sont aujourd'hui amplement réalisées ; mais, en 1839, l'enthousiasme du public et du monde savant pour la nouvelle découverte pouvait seul les justifier. La lenteur des premiers procédés s'aggravait, en effet, de l'impossibilité de différer le développement de l'image latente, et la reproduction de la plupart des astres était à peu près impossible à réaliser d'une manière utile à la science.

Il est vrai que, quelques mois à peine après la découverte de la photographie, J.-W. Draper, en Amérique, réussissait à prendre un daguerréotype de la lune ; mais ce n'était là qu'une image bien petite et fort peu détaillée, sans aucune valeur documentaire. Ce n'est qu'en 1849 que W.-C. Bond, directeur d'Harvard College,

obtenait la première reproduction daguerrienne de la lune vraiment satisfaisante et digne de figurer à l'Exposition de 1851.

Quant à la photographie solaire, elle remonte à l'éclipse du 8 juillet 1842 : peu avant la disparition totale de l'astre, Majocchi, à Milan, exécutait un daguerréotype sur lequel se montrait nettement le mince croissant lumineux. La première photographie complète du soleil fut obtenue, en 1/60 de seconde, le 2 avril 1845, par Fizeau et Foucault. On peut en voir une excellente reproduction en héliogravure dans les *Œuvres complètes* d'Arago.

Avec le collodion, ces mêmes astres furent copiés avec une remarquable perfection ; on photographia aussi les plus brillantes étoiles, et il devint même possible de fixer quelques-uns des principaux détails des disques planétaires, comme les bandes de Jupiter, l'anneau de Saturne et les neiges polaires de Mars. Ces résultats, dus principalement à Whipple, à Warren de la Rue, à Airy, à Grubb, au P. Secchi, à Rutherfurd, ont été singulièrement dépassés, depuis la création des plaques au gélatinobromure. La fin du dix-neuvième siècle marquera, dans l'histoire de l'astronomie, une étape aussi importante que l'application des lunettes et des télescopes à l'étude du ciel. Actuellement, la photographie tend à se substituer de plus en plus aux observations oculaires, et l'adoption de cette méthode s'explique aisément.

La plaque sensible a, sur l'œil humain, une merveilleuse supériorité. Ce que notre œil n'a pas pu distinguer après un instant d'attention, il ne le verra jamais. Que l'on observe à l'œil nu ou dans un télescope, s'il s'agit d'un objet trop éloigné ou trop peu lumineux, on ne gagne rien à prolonger l'observation : au contraire, l'œil se fatigue et perd de plus en plus sa puissance de pénétration. Il en est tout autrement pour la plaque photographique : cette « rétine du savant », comme l'a si justement surnommée Janssen, a le don de voir l'invisible, pourvu qu'on lui en laisse le temps, parce qu'elle accumule indéfiniment l'impression lumineuse, de telle sorte que les radiations les plus faibles, en s'ajoutant sans cesse les unes aux autres, finissent à la longue par y déterminer une réduction suffisante pour être révélée au développement.

Cette propriété caractéristique, si différente de celle de notre organe visuel, suffirait amplement à justifier l'adoption de la pho-

tographie dans les observatoires. Mais la plaque sensible a d'autres titres encore à la faveur croissante dont elle jouit auprès des astronomes : c'est, d'abord, la rapidité avec laquelle elle analyse et fixe les détails les plus minutieux et les plus fugitifs; c'est, ensuite, l'exactitude et la sûreté de ses indications.

Un dessin, quelque habile et consciencieux qu'en soit l'auteur, est toujours plus ou moins une œuvre d'interprétation et de mémoire, surtout pour les détails difficilement visibles. On a souvent remarqué que deux astronomes observant tour à tour le même astre dans le même instrument en donnaient des croquis sensiblement différents. Et d'ailleurs, la concordance même des dessins n'est pas une garantie de fidélité, car l'observateur peut être influencé par des jugements antérieurs. La photographie, au contraire, échappe à toutes les influences, physiologiques ou morales, qui peuvent faire dévier la main ou le jugement de l'artiste, et ses témoignages restent toujours susceptibles d'être contrôlés, comme on le fait d'ailleurs le plus possible, par la répétition des poses.

Enfin, l'étude des documents photographiques a, sur l'observation directe, l'immense avantage de pouvoir se faire à loisir et d'affranchir l'astronome des caprices du temps. Désormais, ce n'est plus en plein air ou sous une coupole ouverte, accroché au télescope, dans les positions les plus incommodes, que l'explorateur du ciel se livre à ses investigations les plus fécondes. C'est dans le silence et la tranquillité de son cabinet de travail qu'il consulte les données recueillies par l'objectif, et souvent des mois entiers d'études et de calculs ne suffisent point à épuiser tous les renseignements condensés sur une seule plaque.

A ces avantages, communs à toutes les applications de la photographie astronomique, il convient d'ajouter quelques particularités qui seront rapidement énumérées dans les paragraphes suivants, de manière à donner une idée des principaux résultats obtenus.

Photographie du soleil. — La vive luminosité de cet astre et l'extrême pouvoir photochimique de ses radiations en ont de bonne heure rendu facile la reproduction fidèle et très détaillée. Il n'y a pas à se préoccuper, dans cette application de la méthode photographique, des déplacements occasionnés par le mouvement

diurne (mouvement apparent de la voûte céleste, résultant du mouvement réel de la terre), car une pose extrêmement courte suffit pour créer un cliché parfaitement fouillé, même avec un objectif de faible diamètre, et même en employant des plaques très peu sensibles. Du reste, pour avoir des images plus finement détaillées, on a souvent recours au collodion.

A l'observatoire de Meudon, le soleil est photographié tous les jours, quand l'état du ciel le permet. L'objectif, construit par Prazmowski, n'a que 135 millimètres de diamètre, avec une longueur focale de 2 mètres. L'image qui se forme à son foyer, n'ayant que 2 centimètres de diamètre, est amplifiée par une lentille qui projette sur la plaque sensible un disque solaire dont le diamètre atteint 30 centimètres. Un obturateur rapide réduit le temps de pose à 1/3000 de seconde : cet instant si bref suffit pour enregistrer toutes les taches, les facules, les lucules et les granulations de la photosphère. Les clichés sont d'ailleurs assez finement détaillés pour supporter une nouvelle amplification. A l'Exposition universelle de 1900 figuraient de remarquables agrandissements exécutés à Meudon. Les plaques au collodion mesuraient $1^{m},50$ de côté; c'étaient d'épaisses glaces pesant chacune 38 à 40 kilos. La cuvette, pesant elle-même 193 kilos, contenait 48 litres de bain d'argent pour la sensibilisation.

M. Steinheil construit une lunette raccourcie spécialement affectée à la photographie solaire. En arrière de l'objectif convergent est interposée une lentille achromatique divergente, qui raccourcit le tirage de la chambre sans diminuer les dimensions de l'image. Cette combinaison optique constitue donc un véritable téléobjectif.

Le globe solaire est entouré de couches gazeuses dont l'observation n'était jadis possible que pendant les rares et fugitifs instants des éclipses totales. On apercevait alors, autour du disque noir de la lune, les protubérances roses de la *chromosphère*, autour de laquelle s'étendait la *couronne*, çà et là prolongée par de longues aigrettes blanches.

Actuellement, l'atmosphère solaire est constamment accessible à l'observation, par la spectrographie, basée sur un principe découvert en 1868 par Janssen et Lockyer. Si l'on dirige un spectroscope sur l'un des bords du disque solaire, on distingue deux spectres

juxtaposés, très différents l'un de l'autre : celui de la photosphère est une bande brillante coupée de raies noires, tandis que celui des protubérances gazeuses est formé de raies brillantes se détachant sur un fond obscur. Comme la lumière ne pénètre dans le spectroscope que par une fente étroite, l'éclat du premier spectre est assez atténué pour laisser apercevoir le second, dont l'intensité est indépendante de la largeur de la fente, car il est constitué par des radiations concentrées en lignes très étroites. En déplaçant peu à peu l'instrument, il est facile de délimiter les contours des protubérances, en repérant les limites de leur spectre, et de reconstituer leur forme exacte par des coupes successives. En communiquant un mouvement oscillatoire au spectroscope monté sur une chambre noire, on obtient une image continue des protubérances, dont la photographie enregistre ainsi les variations incessantes. Les appareils combinés à cet effet portent le nom de *spectrohéliographes :* leur emploi se généralise de plus en plus, dans les grands observatoires. Certains de ces appareils fonctionnent sans qu'il soit nécessaire de les déplacer pendant la pose : ils donnent ainsi la reproduction simultanée de l'atmosphère solaire tout entière, simplement en ne laissant agir sur la plaque sensible que les radiations d'une longueur d'onde strictement limitée. Par les clichés qu'ils fournissent, il est maintenant très facile d'étudier à loisir des phénomènes très importants par la relation qu'ils paraissent avoir avec la météorologie terrestre, et que l'on ne pouvait autrefois qu'entrevoir à la hâte, de loin en loin.

Photographie de la lune. — La photographie de notre satellite est devenue, depuis quelques années, une opération relativement facile, du moins lorsqu'on se contente d'images de faibles dimensions, car dans ce cas le temps de pose se trouve réduit à moins d'une seconde, si l'on se sert de plaques extra-rapides. La plupart des grands observatoires ont exécuté de nombreuses reproductions de la lune, et plusieurs amateurs d'astronomie obtiennent même, dans cette voie, des résultats intéressants, bien qu'ils soient loin d'atteindre la valeur du magnifique Atlas que nous devons à la collaboration de Maurice Lœwy et de M. Puiseux. « Je ne crois pas être aveuglé par la fierté patriotique, dit M. H. Poincaré[1], en décla-

1. *Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1908.*

rant que ces planches sont très supérieures à ce que l'on a fait d'analogue à l'étranger. Ce n'est certes pas à la pureté du ciel parisien ni à la puissance de l'instrument que nous le devons. C'est d'abord à l'habileté des opérateurs, c'est surtout à leur infatigable persévérance. »

L'instrument auquel il vient d'être fait allusion est le grand équatorial coudé de l'observatoire de Paris, construit en 1889 par M. Gautier. Sur les plaques directement exposées au foyer de la lentille, le disque lunaire a déjà un diamètre de près de 18 centimètres. Bien que le temps de pose ne dépasse pas 7/10 de seconde, les grandes dimensions de l'image exigent une compensation rigoureuse des déplacements dus au mouvement diurne. Dans ce but, il n'a pas été possible d'utiliser le mécanisme d'horlogerie dont l'équatorial est muni; malgré tout le soin avec lequel il avait été installé, on ne parvenait pas à éviter de fâcheuses vibrations. Il a donc fallu renoncer à faire mouvoir la lunette elle-même, pendant la pose : ce n'est plus ce poids énorme qui se déplace, c'est la plaque sensible, légère et plus docile, qui suit exactement, à l'aide de mouvements compliqués, le déplacement apparent de l'astre.

La compensation obtenue de la sorte est si précise que, lorsque l'agitation atmosphérique n'occasionne aucune perturbation, les clichés sont d'une finesse et d'une netteté qui permettent d'amplifier l'image jusqu'à 14 fois son diamètre. On a ainsi exécuté des épreuves sur lesquelles le disque lunaire atteint $2^{m},50$ et où l'on distingue des détails qui, en réalité, ne mesurent pas plus de 400 mètres. Un village, un monument même, s'il en existait sur notre satellite, y seraient certainement aperçus.

Malheureusement, les circonstances qui permettent d'arriver à de tels résultats sont extrêmement rares, car les mouvements de l'air, ces bouillonnements, ces vagues tremblotantes que tout le monde a eu l'occasion de remarquer même dans les lunettes terrestres, troublent presque toujours les images photographiques. Ces perturbations échappent à peu près complètement au pouvoir de l'astronome, qui en est réduit à guetter les instants où elles se font le moins sentir. Pour montrer à quel degré leur influence est nuisible, MM. Lœwy et Puiseux faisaient remarquer, en 1898,

que pendant quatre années, au cours desquelles ils avaient utilisé toutes les circonstances favorables à l'exécution de leurs photographies, une dizaine de soirées au plus avaient donné des épreuves réellement convenables et susceptibles de supporter un fort agrandissement.

Ce n'est pas tout : même en n'opérant que dans ces rares circonstances favorables, sur dix clichés obtenus il fallait en rejeter neuf, pour ne conserver que ceux dont la netteté était parfaite et



Fig. 194. — Équatorial coudé (observatoire de Paris).

qui ne présentaient ni la moindre piqûre ni la moindre tare. Les auteurs de l'Atlas lunaire s'étaient, en effet, interdit toute retouche, de la façon la plus absolue. Ce n'est évidemment qu'à ce prix que l'on peut acquérir un document d'une réelle valeur scientifique.

Du reste, il convient de remarquer qu'un seul cliché parfaitement réussi renferme une abondance de détails que le dessinateur le plus laborieux mettrait plusieurs années à réunir. J. Schmidt avait entrepris, à Athènes, de dresser une carte de la lune : il la commença en 1835 et ne la termina qu'en 1874, après un labeur

acharné de trente-neuf ans. En moins d'une seconde, la photographie accomplit aujourd'hui la même tâche, avec plus de sûreté et plus de précision. « D'ici quelques années, dit M. H. Poincaré, nous pourrons savoir si notre satellite est figé dans une définitive immobilité, ou s'il s'y produit de rares changements, comme on l'a affirmé quelquefois, sans en avoir d'autre preuve que la fantaisie d'un dessinateur. »

La photographie a permis d'aller plus loin, dans l'étude de la lune, en fournissant un moyen de mesurer les reliefs de son sol, par la stéréoscopie. Notre satellite est animé d'un lent mouvement d'oscillation autour de son centre de gravité : ce balancement est connu sous le nom de *libration*. En opérant successivement à deux époques convenablement choisies, on obtient donc deux vues légèrement différentes et qui, examinées dans un stéréoscope, montrent l'astre en relief. Cette méthode avait été appliquée, dès 1851, par Warren de la Rue, mais elle a été reprise il y a quelques années et perfectionnée, si bien qu'elle a permis de calculer la hauteur des montagnes de notre satellite, les dépressions de ses cratères, la profondeur de ses vallées. C'est ainsi que M. Pulfrich, en opérant sur deux épreuves qui lui avaient été communiquées par MM. Lœwy et Puiseux, est parvenu, à l'aide de son stéréo-comparateur (V. p. 445), à dresser des courbes de niveau du sol lunaire, désormais mieux connu que certaines régions de notre propre globe.

Planètes et satellites. — Appliquée à l'étude de la constitution physique des planètes, la photographie reste, jusqu'à présent, manifestement inférieure à l'observation visuelle. Les mouvements aériens qui troublent et ternissent les images lunaires prennent ici une importance exagérée, jusqu'à empêcher à peu près complètement de fixer quoi que ce soit des détails découverts sur les disques planétaires. La photographie de Jupiter, de Mars et de Saturne n'est encore pratiquement abordable qu'avec de très grands instruments, installés à une haute altitude, sous un ciel très pur.

Cependant, le peu que nous montrent les photographies des planètes a, sur les dessins antérieurs, l'avantage d'une certitude hors de contestation. C'est ainsi que l'existence des canaux de

Mars avait été mise en doute par plusieurs observateurs, qui, ne parvenant pas à les apercevoir, croyaient à un phénomène purement subjectif, à une illusion d'optique. Cette incertitude n'a pris fin que le jour où M. Lowell, réussissant à photographier ces tracés énigmatiques, en a définitivement confirmé la réalité objective.

Quant à la forme sphérique des planètes, les opérateurs savent depuis longtemps la mettre en évidence, dans le stéréoscope, à l'aide de photographies exécutées à deux intervalles calculés d'après la vitesse de rotation. Warren de la Rue avait fixé ces intervalles à 2 heures pour Mars et à 26 minutes pour Jupiter. Deux images de Saturne, prises à trois ans et demi d'intervalle, montrent en relief les anneaux qui entourent le globe planétaire.

La stéréoscopie facilite singulièrement la recherche des petites planètes qui gravitent entre Mars et Jupiter. Autrefois, la découverte de ces astres exigeait une attention soutenue, une patience peu commune et la faveur d'un hasard assez rare. Aujourd'hui, il suffit de placer dans le stéréoscope deux clichés représentant la même région du ciel, mais pris à un jour d'intervalle. Les étoiles y occupent les mêmes positions relatives, et leurs images se confondent; mais, si une planète s'est trouvée dans le champ de la lunette photographique, le mouvement propre qu'elle a effectué entre la première et la seconde pose la fait paraître fortement en relief. Depuis que M. Max Wolf, d'Heidelberg, a imaginé cette méthode d'investigation, près de 500 planètes ont été découvertes.

La photographie a aussi révélé l'existence de nouveaux satellites gravitant autour de Jupiter et autour de Saturne. Ce sont de très petits corps, qui néanmoins ont pu ensuite être reconnus à l'examen télescopique, à l'exception d'un seul. Thémis, découvert par M. Pickering le 16 avril 1904, ne nous est connu que par les traînées que sa marche a marquées sur des plaques exposées pendant de nombreuses heures dans la direction de Saturne. Ces traînées ont permis de calculer les éléments de l'orbite décrite par le minuscule satellite. Mais il est impossible de le voir, parce que sa luminosité, comparable à celle d'une étoile de 18e grandeur, est inférieure à la limite de visibilité dans les télescopes les plus puissants. Et il en sera ainsi tant que l'optique n'aura pas accompli de notables progrès

N'y a-t-il pas là un étrange sujet d'étonnement? Voilà un objet que personne n'a vu et que, probablement, aucun de nos contemporains ne parviendra à distinguer. Mais l'objectif l'a aperçu; la rétine photographique en a gardé l'empreinte, et son témoignage suffit à nous guider. Nous savons, à n'en pouvoir douter, que ce monde invisible existe et gravite autour de Saturne; nous en suivons la marche, nous en mesurons les dimensions, comme s'il était à notre portée, et l'analyse des perturbations qu'il exerce sur les autres satellites nous permettra un jour de le peser.

Comètes. — C'est en 1881 que fut obtenue, à Meudon, la première photographie de comète, mais le premier de ces astres qui ait été découvert par la photographie est la comète de Barnard. Cet astronome aperçut, en examinant un cliché d'une portion de la voie lactée, exécuté à l'observatoire Lick, le 12 octobre 1892, une traînée lumineuse figurant la queue d'une comète. L'observation visuelle confirma ensuite la découverte photographique.

Depuis cette époque, la photographie révèle, chaque année, le passage de plusieurs de ces masses légères et inconsistantes, dont un grand nombre échappent à l'observation directe.

La comète périodique de Halley est revenue à proximité du soleil en avril 1910, ainsi que l'avait fait prévoir la théorie. Les observations à l'œil nu, gênées presque partout en Europe par des mauvais temps persistants, n'ont été favorisées qu'en Amérique. Mais la photographie a permis de fixer l'image de cet astre pendant une assez longue période. Dès le 12 septembre 1909, M. Max Wolf découvrait la comète sur un cliché exposé vers la région du ciel que le calcul avait précisée. Jusqu'au mois de janvier suivant il ne fut pas possible de l'observer au télescope, et l'étude de cet astre demeura limitée aux méthodes photographiques : la plaque sensible en enregistrait les aspects changeants; combinée avec le spectroscope, elle en faisait connaître la composition chimique, et c'est ainsi que l'on apprit que cet objet encore invisible contenait divers gaz, et notamment du cyanogène.

Carte du ciel. — Les premiers essais de photographie stellaire remontent à 1850 et sont dus à Bond et à Whipple, qui obtinrent sur plaques daguerriennes quelques images d'étoiles de première grandeur, telles que Véga et Castor. En 1865, avec le collodion,

Rutherfurd photographia les Pléiades et entrevit la possibilité de dresser une carte photographique du ciel. Toutefois, cette vaste entreprise ne devint pratiquement abordable qu'après la découverte du gélatinobromure. Son exécution exigeait, naturellement, le concours de plusieurs observatoires situés sous des latitudes différentes, mais l'initiative en est due aux astronomes français.

En 1852, Chacornac s'était proposé de dresser, à l'observatoire de Paris, une carte des régions avoisinant l'écliptique, afin de faci-



Fig. 195. — Lunette photographique, pour l'exécution de la carte du ciel.

liter la recherche des petites planètes. Cette carte devait être formée, comme on l'avait fait jusque-là, en guettant le passage de chaque astre au foyer de la lunette méridienne. A la mort de Chacornac, Paul et Prosper Henry résolurent de continuer cette œuvre restée inachevée, mais ils ne tardèrent pas à être arrêtés par une difficulté insurmontable. A l'approche de la voie lactée, les étoiles se présentaient si nombreuses, si confusément compactes, que les mesures les plus minutieuses n'en seraient jamais venues à bout. C'est alors que les frères Henry eurent l'idée de recourir à la pho-

tographie, et les résultats de leurs premiers essais furent à ce point satisfaisants, que la plupart des astronomes de toutes les nations se rallièrent au projet d'un travail d'ensemble, à répartir entre les principaux observatoires du monde entier. Réuni pour la première fois en avril 1887, le Congrès astronomique de la carte du ciel élabora définitivement le plan de cette œuvre en 1891.

La sphère céleste a été divisée en 18 zones approximativement égales, et le soin de photographier chacune d'elles a été confié à un observatoire distinct. Les observatoires choisis comme étant les plus importants et les mieux outillés sont ceux de Greenwich, Rome, Catane, Helsingfors, Potsdam, Oxford, Paris, Bordeaux, Toulouse, Alger, San-Fernando, Santiago-du-Chili, Tacubaya, La Plata, Rio-de-Janeiro, cap de Bonne-Espérance, Sydney et Melbourne.

L'appareil employé à Paris par les frères Henry a été construit par M. Gautier. L'objectif photographique est formé d'un système de deux lentilles de flint et de crown achromatisées pour les rayons chimiques les plus intenses du spectre et aplanétique pour ces mêmes rayons. Il a $0^{m},33$ de diamètre. La lunette a $3^{m},43$ de distance focale. Une deuxième lunette, juxtaposée à la première, fait fonction de chercheur. L'instrument est monté de manière que l'image d'une étoile se maintienne toujours à la même place.

La carte du ciel doit être double. Elle comprendra d'abord un atlas où seront relevées, avec leur longitude et leur latitude, toutes les étoiles jusqu'à la 11ᵉ grandeur, au nombre d'environ quatre ou cinq millions. La seconde partie du travail entrepris sera l'établissement de la carte proprement dite, précisant les positions respectives de toutes les étoiles jusqu'à la 19ᵉ grandeur, au nombre d'environ *trente à quarante millions*.

Depuis 1891, les observatoires désignés poursuivent assidûment leur tâche. L'inventaire de l'univers stellaire se complète peu à peu et sera, pour les astronomes de l'avenir, le plus riche et le plus sûr de tous les documents.

Une demi-seconde suffit pour reproduire tous les astres visibles à l'œil nu, dans le champ exploré par la plaque sensible. En 13 minutes, et même moins encore si l'on emploie des émulsions très rapides, l'objectif imprime l'image des étoiles les plus faibles que permettent d'apercevoir les télescopes les plus puissants. Si la

pose est prolongée plus longtemps, alors nous pénétrons dans le domaine de l'invisible : des millions d'astres dont nous n'aurions jamais pu soupçonner l'existence viennent marquer leur empreinte sur le bromure d'argent et attester leur présence à de telles distances que l'imagination demeure impuissante à s'en représenter la grandeur.

Chacun de ces points fixés sur les clichés est catalogué avec le plus grand soin. Des mesures de haute précision déterminent rigoureusement leurs positions relatives, et la superposition de deux images d'une même région du ciel exécutées à quelque temps d'intervalle met en évidence les moindres déplacements de cette multitude de soleils.

Parmi ces déplacements, les uns résultent des mouvements propres des étoiles, tandis que d'autres ne sont qu'une apparence résultant du mouvement de translation de la terre autour du soleil. Par suite de ce mouvement, notre planète se trouve constamment à environ 299 millions de kilomètres de la position qu'elle occupait, par rapport au soleil, six mois auparavant. Il en résulte un changement de perspective qui se traduit par une modification dans les positions des étoiles les plus rapprochées, tandis que les étoiles les plus éloignées restent au même point. Le calcul a permis d'en déduire les distances réelles de plus de 300 étoiles. D'autres changements de perspectives stellaires sont dus au mouvement de translation du système solaire, qui se meut tout entier vers la constellation d'Hercule. La comparaison d'un grand nombre de clichés a permis de calculer la vitesse avec laquelle le soleil et son cortège planétaire se déplacent : cette vitesse serait de près de 20 kilomètres par seconde.

Enfin, la photographie fixe l'image des nébuleuses, dont la lumière est beaucoup trop faible pour que notre œil puisse les distinguer : sans cesse, de nouvelles créations apparaissent ainsi, et les limites de l'univers visible sont indéfiniment reculées. Là même où les télescopes les plus puissants ne parvenaient pas à percer les ténèbres, en ces endroits déserts que William Herschel qualifiait de « sacs à charbon », la rétine photographique découvre encore des amas d'étoiles et de matière cosmique. Au delà de ces univers inconnus, d'autres n'attendent, pour se montrer à leur tour,

qu'une pose plus longue ou une émulsion plus sensible. A mesure que nos procédés vont se perfectionnant, l'objectif sonde de plus en plus profondément les abîmes de l'infini.

OUVRAGES A CONSULTER

Annuaire du Bureau des Longitudes pour les années 1878, 1887, 1890, 1898, 1901, 1907, 1908, 1910, Paris (Gauthier-Villars).

E. Coustet, *l'Astronomie mise à la portée de tous,* Paris (J. Tallandier), 1906.

A. Jarson, *la Photographie astronomique,* Paris (Ch. Mendel), 1904.

P. Puiseux, *Sur quelques progrès récents accomplis avec l'aide de la photographie dans l'étude du ciel,* Paris (Gauthier-Villars), 1899.

F. Quénisset, *Manuel pratique de photographie astronomique,* Paris (Ch. Mendel).

G. Rayet, *Notes sur l'histoire de la photographie astronomique,* Paris (Gauthier-Villars), 1887.

C. Le Morvan, *Grand Atlas photographique de la lune,* Paris (G. Thomas), 1921.

TABLE DES MATIÈRES

LIVRE II

PROCÉDÉS NÉGATIFS

LIVRE III

PROCÉDÉS POSITIFS

LIVRE IV

CHROMOPHOTOGRAPHIE

LIVRE V

APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE

18370-8-29

IMPRIMERIE DELAGRAVE
VILLEFRANCHE-DE-ROUERGUE